GUIDE D'AMÉLIORATION ET DE RESTAURATION DE L'HABITAT DU POISSON DANS LES PETITS COURS D'EAU

Par:
Gilles Paquet

Décembre 1985

Québec

GUIDE
d'amélioration
et de
restauration
de l'habitat du poisson
dans les petits cours d'eau

Québec

SERVICE DES ÉTUDES ÉCOLOGIQUES

GUIDE D'AMÉLIORATION ET DE RESTAURATION DE L'HABITAT DU POISSON DANS LES PETITS COURS D'EAU

Par: GILLES PAQUET

Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche
Québec
Décembre 1985

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec
3e trimestre 1985
ISBN: 2-550-12478-2

NOTE

Le document qui suit se veut être un instrument pratique qui puisse aider et encourager nombre de gens à l'amélioration et la restauration des cours d'eau.

Nous avons tenté de réunir dans un même document les principales techniques d'amélioration et de restauration des petits cours d'eau que nous préconisons au Québec.

Il n'y a pas de noms d'auteurs de mentionnés dans le texte proprement dit. Ceci a pour but de simplifier le texte et d'en faciliter la compréhension par le plus grand nombre d'usagers possibles. Toutefois, tous les auteurs consultés sont mentionnés en liste à la fin de cet ouvrage.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier Jean Berthiaume et Jacinthe Bouchard pour la réalisation du graphisme de ce document.

La révision du texte a été réalisée en tout ou en partie par:

Agathe Cimon
François Duchesneau
Jacques Perron
Jacques Talbot

Le traitement de texte pour la réalisation de ce document a été effectué par Johanne Doiron, secrétaire au Service des études écologiques.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION 1

CHAPITRE I - NOTIONS D'ÉCOLOGIE 2

CHAPITRE II - PHÉNOMÈNES PHYSIQUES DANS LES COURS D'EAU 4

CHAPITRE III - CONSIDÉRATIONS PRÉALABLES AUX INTERVENTIONS 10

CHAPITRE IV - LA CONSTRUCTION DE SEUILS 16

A- Seuil à deux troncs superposés et tablier de planches..... 19

B- Seuil à troncs supersosés et à tablier de gravier pour les cours d'eau de 2,9 à 4,5 m de largeur..... 23

C- Seuil fait d'un seul tronc aplani, à charpente soutenante et à tablier de gravier: pour les cours d'eau de 2,0 à 2,7 m de largeur..... 25

D- Seuil fait d'un tronc aplani et d'un tablier de gravier..... 26

CHAPITRE V - LA CONSTRUCTION D'ABRIS 27

A- Fosses, enrochement et turbulence..... 29

B- Utilisation de grandes roches plates..... 30

C- Disposition de roches dans ou sur le lit d'un cours d'eau..... 31

D- Les abris temporaires..... 32

E- Utilisation d'arbres entiers ou de cimes par-dessus les cours d'eau de 4 mètres et moins de largeur..... 33

CHAPITRE VI - LE NETTOYAGE DES COURS D'EAU 34

A- Matériaux à enlever du chenal et/ou de la berge lors du nettoyage..... 36

B- Nettoyage des aulnes et racines envahissant les petits cours d'eau..... 38

C- Matériaux à conserver lors du nettoyage..... 39

CHAPITRE VII - LA RESTAURATION DES TRAVERSES DE COURS D'EAU 41

A- Restauration de traverses à l'aide de techniques simples..... 43

B- Restauration de traverses à l'aide de gabions..... 44

CHAPITRE VIII - LE BLOCAGE DES CHENAUX SECONDAIRES 45

A- Blocage à l'aide d'un caisson de billots..... 47

B- Blocage à l'aide d'un gabion..... 48

CHAPITRE IX - LA RESTAURATION DES BERGES 49

A- Techniques d'enrochement simples où les roches sont généralement placées à la main, de façon très serrées, dans de très petits cours d'eau..... 51

B- Techniques d'enrochement plus élaborées..... 52

C- Restauration de petites sections de berges avec des roches maintenues en place à l'aide d'une charpente de bois..... 54

CHAPITRE X - LA CONSTRUCTION DE FRAYÈRES 55

A- Construction de frayères par creusage de fosses et accumulation de gravier à l'aide de digue et/ou de seuils rapprochés (cours d'eau de 3 mètres et moins)..... 58

B- Caisse-frayère à salmonidés..... 60

C- Remplacement des gros cailloux ou des roches du lit par du gravier dans des petits cours d'eau à truite..... 62

D- Caisse-frayère à achigan..... 63

E- Implantation de "lits" de gravier dans un élargissement de cours d'eau..... 64

F- Le nettoyage..... 66

CONCLUSION 67

LITTÉRATURE CONSULTÉE 68

L'AMÉLIORATION ET LA RESTAURATION DES PETITS COURS D'EAU

INTRODUCTION

Trop souvent ce que l'homme laisse derrière son passage ne correspond pas toujours à un souci de protection de la faune et de son habitat.

Les activités de l'homme sont responsables d'une destruction extensive des habitats aquatiques et terrestres.

Par contre l'homme peut intervenir pour poser des actions bénéfiques à la faune.

Par des actions, simples et réfléchies, on peut améliorer ou corriger certaines conditions naturelles pas nécessairement favorables à la survie d'espèces fauniques et corriger également des situations parfois désastreuses résultant d'interventions humaines.

Les techniques préconisées concernent les seuils, les abris, le nettoyage de cours d'eau, la restauration de traverses de cours d'eau, le blocage de chenaux secondaires, la restauration des berges et les frayères.

Auparavant nous aborderons différentes notions générales nous permettant de mieux apprécier et évaluer le sens et l'importance des gestes posés lors des interventions.

CHAPITRE I

NOTIONS D'ÉCOLOGIE

Généralités

Autrefois, on croyait que les poissons avaient tout simplement besoin d'eau et d'un peu de nourriture. Les poissons ont beaucoup d'autres exigences en matière d'habitat ou de conditions de vie.

La nature et l'abondance des espèces présentes varient en fonction de la nature et de la qualité des habitats: eau propre, eau fraîche, eau chaude, nourriture, abris, etc...

Chaque espèce animale a des besoins environnementaux qui lui sont propres.

Un cours d'eau et ses rives constituent un milieu de vie changeant mais dont les richesses sont incomparables et demeurent ainsi, à la condition que l'on en respecte l'intégrité.

PRINCIPES FONDAMENTAUX

Un retrouve dans les deux pages qui suivent, des définitions de principes fondamentaux permettant d'appliquer logiquement des méthodes ou techniques d'intervention basées sur la compréhension même de ces principes.

Conditions du milieu

Chaque espèce a ses propres besoins environnementaux qui se résument en six éléments ou facteurs essentiels, soit:

- la nourriture;
- l'eau;
- le couvert ou les abris;

- des endroits pour se reproduire;
- un espace vital pour survivre (territoire);
- un libre accès à chacun de ces éléments;

Les habitats

Les proportions ou arrangements particuliers des éléments cités précédemment et bien d'autres facteurs, constituent l'habitat pour une espèce donnée.

La capacité de support

La quantité, la qualité et la répartition des facteurs essentiels dans l'habitat et le système social de l'espèce concernée, déterminent le nombre d'individus de cette espèce que l'habitat va supporter à un moment donné. Cette dernière relation est ce que l'on appelle généralement la capacité de support d'un habitat.

La chaîne alimentaire

Les différentes formes de vies animales et végétales dans les cours d'eau sont dépendantes les unes des autres et également dépendantes de la nature physique, de l'ampleur, de la situation géographique des cours d'eau et nécessairement de l'état général de l'environnement.

Le rôle de la végétation "riveraine" est primordiale dans le maintien des chaînes alimentaires ainsi que dans le maintien de la configuration (forme) des cours d'eau et de leur stabilité relative.

Amélioration et/ou restauration (définition)

L'amélioration et la restauration des cours d'eau consistent à manipuler des qualités physiques, chimiques et végétales de ces milieux afin de créer et maintenir des conditions plus favorables à la survie, la croissance et la reproduction d'une ou plusieurs espèces animales telles les poissons, tout en appliquant et respectant les principes fondamentaux cités précédemment.

CHAPITRE II

PHÉNOMÈNES PHYSIQUES DANS LES COURS D'EAU

Un bassin hydrographique est constitué au départ d'un large réseau de sources qui se déversent les unes dans les autres pour former des ruisseaux de diverses envergures. Ceux-ci se réunissent ensuite pour constituer des rivières. Cet arrangement hiérarchique peut se décrire par un système numérique tel que représenté dans la figure 1.

Les cours d'eau d'ordre 1 sont ceux n'ayant pas d'affluent (les sources en général), les cours d'eau d'ordre 2 sont ceux formés par la jonction des cours d'eau d'ordre 1; les cours d'eau d'ordre 3 sont formés par la jonction des cours d'eau d'ordre 2 et ainsi de suite jusqu'au plus gros cours d'eau du bassin hydrographique concerné. Ce système numérique est reconnu à peu près partout en Amérique du Nord et en Europe par les spécialistes en hydrologie.

La qualité d'un cours d'eau reflète généralement l'ensemble des qualités du bassin versant drainé par ce cours d'eau.

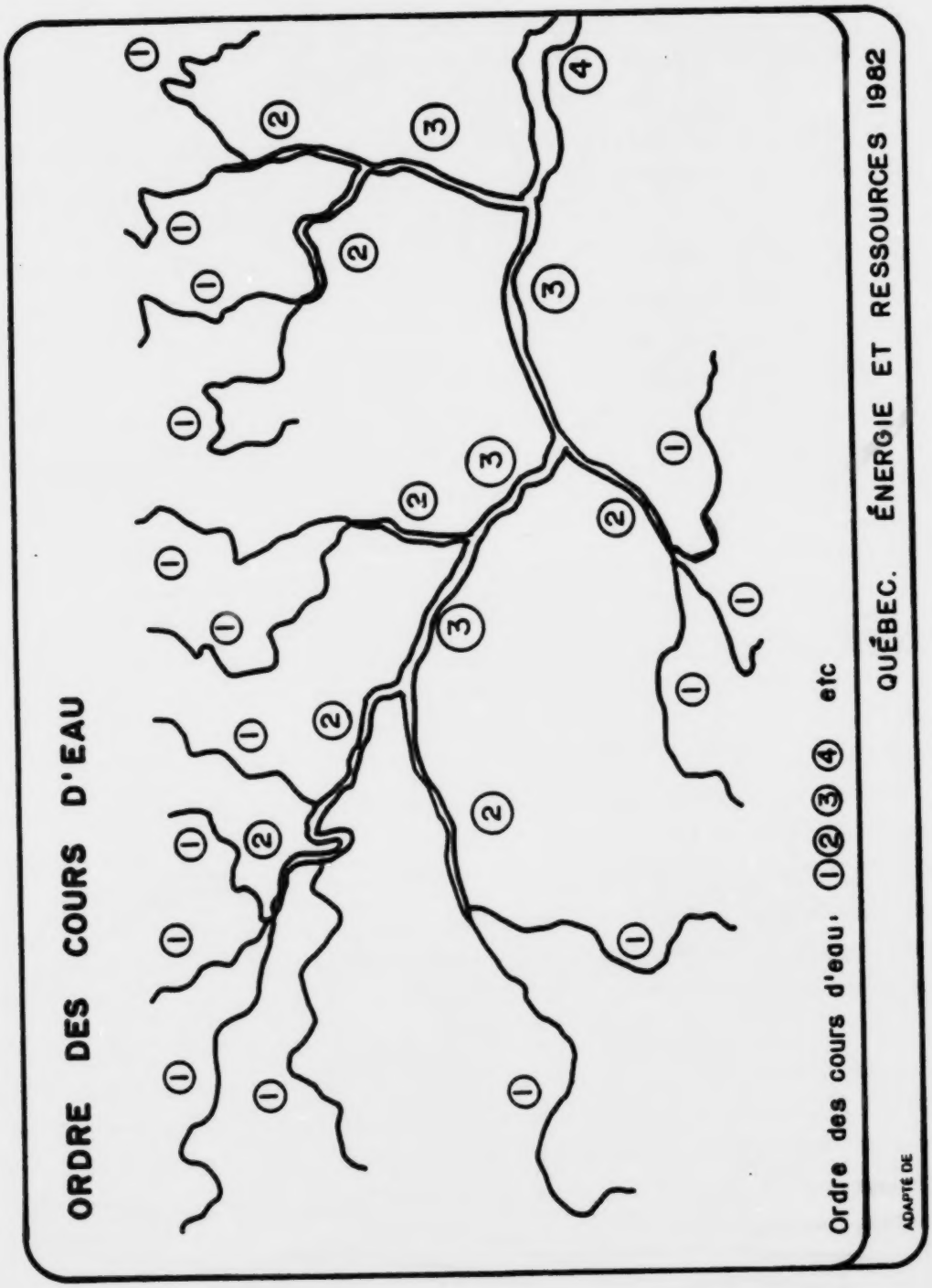
L'eau, le lit et les berges sont les principales composantes environnementales des populations de poissons.

Pour améliorer un cours d'eau, l'aménagiste doit comprendre comment l'eau s'écoule, comment l'écoulement affecte et est affecté par la forme du lit et des berges, et par les matériaux qui les constituent.

FORCES ET RÉSISTANCES EN CAUSE

Deux forces importantes agissent sur l'eau soit: la gravité (attraction vers la terre) qui entraîne l'eau vers le bas des pentes et la friction (frottement) entre l'eau, le lit et les berges qui offre une résistance à l'écoulement. La friction augmente dans un cours d'eau à

Figure 1.


ORDRE DES COURS D'EAU
Ordre des cours d'eau: ①②③④ etc
ADAPTÉ DE
QUÉBEC. ÉNERGIE ET RESSOURCES 1982

mesure que l'eau s'écoule par dessus des matériaux de plus en plus gros tels les galets, les roches, les débris de toutes sortes. La vitesse d'écoulement de l'eau dépend entre autres de la pente, de la rugosité du lit et également de la profondeur de l'eau.

À mesure que la vitesse d'écoulement de l'eau augmente dans un chenal naturel, le passage de l'eau sur divers corps physiques ou autres engendre différents types de résistance à cet écoulement. Ces résistances sont occasionnées entre autres par la nature des matériaux de surface du lit et des berges, la végétation aquatique et riveraine, la courbure du chenal, les remous, les galets isolés, les obstructions, les ondulations du lit, les bancs de sable et de limon, etc...

La gravité, la friction et les résistances diverses à l'écoulement sont responsables de l'allure que prend un cours d'eau, donc, de la configuration de son chenal.

Configuration du chenal

Pour décrire les configurations des cours d'eau, les spécialistes utilisent les termes a) droit b) anastomosé c) à méandres (figure 2).

Les cours d'eau naturels sont rarement droits sur plus d'une longueur égale à dix (10) fois la largeur du lit, pour une section donnée. Ceux que l'on appelle anastomosés se divisent en plusieurs chenaux qui successivement se fusionnent et se redivisent. Cette condition est souvent causée par des berges instables, une faible profondeur et une charge abondante de sédiments.

Un chenal ayant un degré de sinuosité très prononcé est appelé un chenal à méandres. La sinuosité décrit la courbure d'un cours d'eau sur le plan horizontal. L'eau a toujours tendance à s'écouler dans un cours sinueux que ce soit en montagne, à travers un marécage et même en descendant les glaciers.

Figure 2.

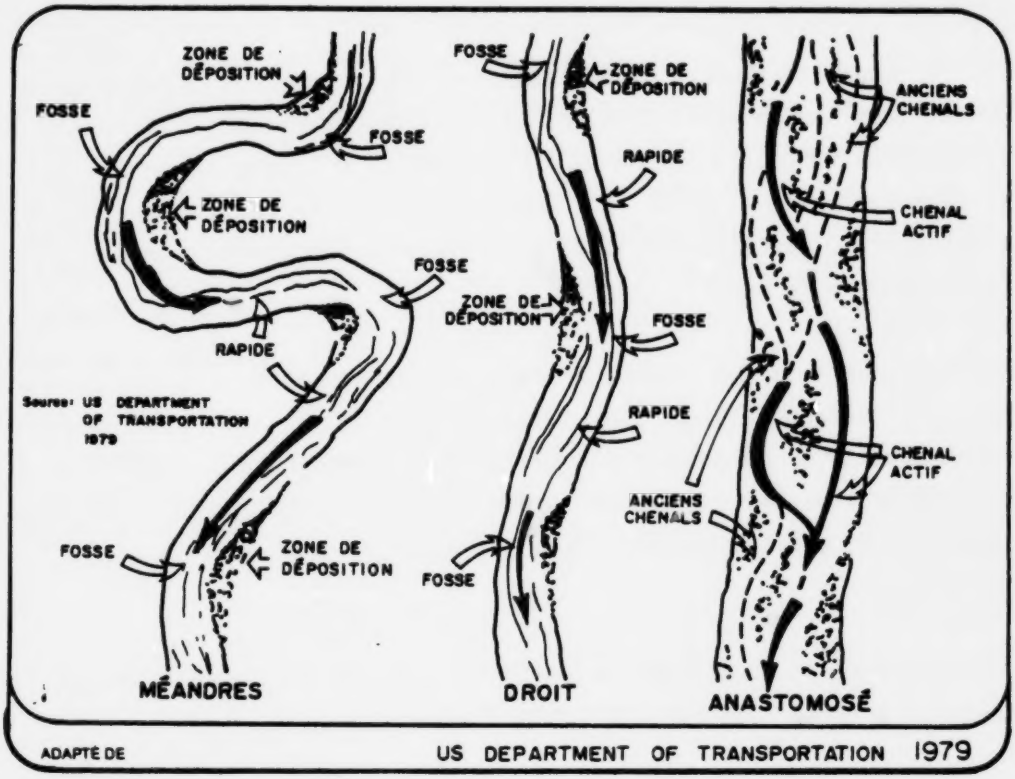
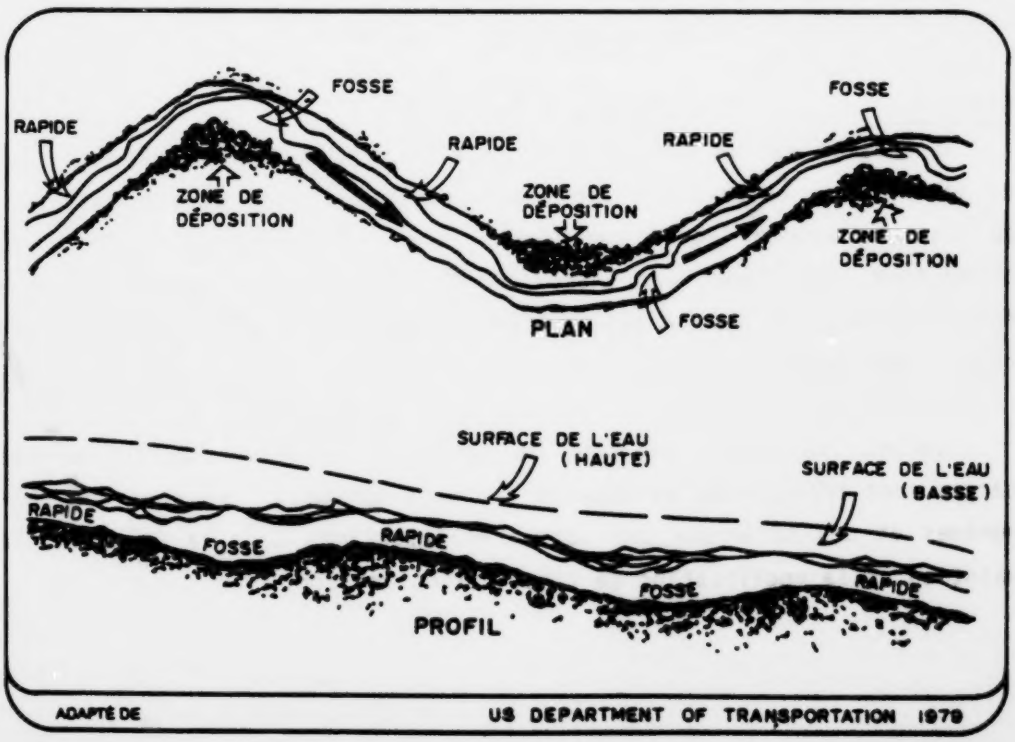


Figure 3.



FOSSES ET RAPIDES

Un chenal naturel a généralement un lit onduleux. Il y a alternance de zones profondes (fosses) et de zones peu profondes (rapides) à des intervalles réguliers équivalant à environ 5 à 7 fois la largeur de la section concernée (figure 3). Dans les méandres, les fosses alternent d'un côté à l'autre du chenal et sont également distancées de 5 à 7 fois la largeur de la section (figure 2).

L'alternance des fosses et rapides est présente dans pratiquement tous les chenaux naturels permanents dont le lit est constitué de matériaux plus gros que du sable grossier. Il semble que ce phénomène est caractéristique des cours d'eau ayant un lit de gravier dont la grosseur peut être de petit diamètre allant jusqu'à plusieurs centimètres de diamètre.

Les chenaux constitués de sable fin uniforme ou de limon ont peu de tendance à former des rapides et des fosses.

Dans les rapides, les matériaux du lit ont généralement tendance à être plus gros que dans les fosses parce que la vitesse d'écoulement y est plus rapide.

L'érosion

L'érosion est le phénomène d'usure du lit et des berges résultant de la friction occasionnée par l'écoulement de l'eau et des matériaux qu'elle transporte (bois, cailloux, glace, sable, etc...). Un cours d'eau forme son chenal par l'érosion et plus particulièrement lors des fortes crues. À mesure que le débit augmente, la force d'érosion du cours d'eau augmente aussi.

Durant les crues, beaucoup de matériaux provenant du lit et des berges sont transportés et déposés à divers endroits. Ce sont ces phénomènes et ces matériaux qui sont très importants dans la création, le maintien et la modification de l'habitat du poisson.

Avec le temps les parties en amont et à forte pente d'un cours d'eau, tendent à se dégrader pendant qu'à l'aval, se forme une plaine de débordement et de sédimentation. Les matériaux stables du lit forment une certaine "armure" pour protéger jusqu'à un certain point le lit contre des crues importantes. Éventuellement, le cours d'eau atteint à n'importe quel endroit, un certain équilibre entre la dénivellation, les débits de crue et la charge de matériaux transportés. Si "l'armure" est altérée par des phénomènes naturels ou des interventions humaines, l'équilibre est rompu, un cycle d'érosion peut commencer et le lit du cours d'eau va se dégrader.

CHAPITRE III

CONSIDÉRATIONS PRÉALABLES AUX INTERVENTIONS

Après avoir décrit sommairement certains phénomènes physiques qui se passent dans les cours d'eau, il faut maintenant insister sur les nombreux aspects et facteurs à considérer avant de réaliser des interventions d'amélioration ou de restauration. Nous aborderons ici des généralités et dans les chapitres traitant des interventions proprement dites nous soulignerons des particularités s'il y a lieu. Les considérations générales sont nombreuses et peuvent se présenter sous différentes formes. Cependant, certaines d'entre elles sont fondamentales et indispensables à la réalisation de toute amélioration et/ou restauration.

Considérations fondamentales

Au départ, il faut être en mesure:

- de bien identifier les problèmes et/ou déficiences rencontrés dans les cours d'eau,

- d'identifier et localiser les causes exactes de ces problèmes,

- et bien définir les objectifs visés avant d'appliquer les interventions.

Au moment de poser une intervention, on doit surtout:

- insister sur la qualité plutôt que sur la quantité des interventions à faire, celles-ci étant souvent dispendieuses,

- et essayer de prévoir à court, moyen et long terme les effets bénéfiques ou néfastes de ces interventions sur les autres conditions du milieu.

Considérations générales

On ne doit jamais oublier qu'un cours d'eau ou secteur de cours d'eau est un cas particulier qui doit être traité en conséquence. Il est donc suggéré d'observer les cours d'eau concernés pendant une période d'une année complète avant d'y réaliser toute intervention jugée importante et d'envergure. Il importe entre autres de:

- noter la forme ou l'allure du cours d'eau ou du secteur concerné: rectiligne, curviligne, méandres prononcés, etc...,

- localiser la présence et l'envergure des sections ou parties de section à fond de roche: nature, taille, forme, adondance et disposition des roches,

- noter la présence des fosses, leur fréquence, leur envergure par rapport à la largeur et la longueur du cours d'eau afin de ne pas les altérer. Trente à 50% de la superficie d'un cours d'eau "destiné à la pêche" devrait être constituée de fosses,

- localiser les zones d'érosion du lit des cours d'eau, la présence de gravières (de route) à proximité, les fossés de chemins et autres phénomènes pouvant apporter des sédiments aux cours d'eau,

- localiser et déterminer le degré et la forme d'érosion des berges: érodées seulement à la base de façon concave, érodées sur toute la hauteur, etc...,

- évaluer l'ampleur des crues annuelles et saisonnières (débit moyen, basses et hautes eaux) en recherchant, sur les berges, des indices tels:

  a) des arbustes arrachés, écrasés ou penchés,
  b) des dépôts de gravier, de roche, de sable, de débris de bois (branches, billots, écorce...),
  c) la hauteur maximale où les parties de la berge ont été érodées ou arrachées par le passage de l'eau ou des glaces,

d) observer sur les arbres ou arbustes les marques du passage des glaces au printemps.

- localiser les sites potentiels ou réels de fraie des diverses espèces de poissons concernées afin de ne pas les altérer,

- évaluer l'utilisation qui est et qui sera faite de ces cours d'eau par les espèces animales autres que les poissons (amphibiens, animaux à fourrure, ongulés, reptiles, sauvagines et autres) avant et après les interventions,

Lors de la construction comme tel, on devra:

- tenir compte des conditions qui prévalent dans l'ensemble du bassin hydrographique et du bassin versant,

- faire les travaux de l'amont vers l'aval afin que les débris et les sédiments libérés lors des interventions soient emportés et dispersés progressivement,

- effectuer de préférence les travaux entre le 1er mai et le 15 août dans les cours d'eau à salmonidés, et entre le 1er juillet et le 1er décembre pour les autres espèces,

- respecter l'esthétique du milieu dans l'application des méthodes d'amélioration et/ou de restauration et utiliser au maximum le travail manuel pour les différentes interventions,

- s'assurer que toutes les nouvelles structures que l'on introduira dans les cours d'eau seront construites ou disposées de façon à éviter l'accumulation des débris de toutes sortes,

- éviter de construire dans ou sur les berges trop érodées ou dénudées à moins d'avoir beaucoup de matériaux disponibles pour les protéger contre l'érosion ou les restaurer,

- pour les constructions, il est souhaitable d'utiliser des matériaux rustiques trouvés sur place; billots, branches, roches, troncs, etc... Profiter aussi des phénomènes naturels tels la présence de forêts à proximité (conifères surtout), la disponibilité de grosses roches, la présence de très grosses roches et de gravier qui sont à sec durant la période de basses eaux,

- éviter de construire une structure en bois trop près d'un affluent, que ce soit une source ou un ruisseau,

- construire de façon à ce que la majeure partie (sinon la totalité) des structures de bois soit toujours submergée afin d'éviter que le bois pourrisse,

- utiliser surtout des conifères pour les constructions dans l'eau,

- le prélèvement des matériaux sur place doit toutefois se faire sans modifier les conditions favorables à diverses espèces animales,

- finalement, toujours consulter au moins le biologiste de la région (MLCP) avant d'entreprendre ou de proposer des travaux.

Toutes ces considérations et observations nous amènent à fixer des objectifs importants que l'on doit réaliser lors des diverses interventions.

Les objectifs visés

Les méthodes d'amélioration et/ou de restauration doivent viser à atteindre certains objectifs, à savoir:

- maintenir ou restaurer les conditions environnementales du cours d'eau,

- maintenir ou améliorer la qualité de l'eau,

- construire et localiser des frayères pour qu'il y ait suffisamment de reproduction naturelle,

- fournir assez de couvert pour abriter les poissons de différents âges,

- développer ou améliorer la productivité en nourriture,

- prévenir l'érosion des berges et du fond,

- faciliter la circulation des poissons d'un endroit à l'autre,

- maintenir un équilibre entre les diverses conditions de milieu et ne pas surdévelopper un facteur sans tenir compte des effets sur les autres,

- fournir de meilleures opportunités pour développer une pêche récréative,

- tenir compte de l'ensemble des espèces fauniques lors des interventions,

Préoccupations

Dans ce document, les cours d'eau de 0 à 8 mètres de largeur moyenne sont l'objet de nos préoccupations. Les très petits cours d'eau doivent être l'objet d'une attention particulière à cause de leur très grand nombre et de leur fragilité.

Dans les améliorations et/ou restaurations, on doit utiliser le plus possible des techniques relativement simples et faciles d'application, efficaces, rustiques, très esthétiques et surtout de qualités adéquates, résistantes, etc...

MISES EN GARDE

Les groupes ou personnes voulant intervenir dans un petit cours d'eau devraient:

1) Demander assistance et conseils auprès des biologistes et techniciens régionaux du MLCP pour juger de la pertinence du ou des projets en regard de la faune et de ses habitats.

2) Consulter le ministère fédéral des Pêches et des Océans qui a juridiction sur l'habitat du poisson; ceci afin de s'assurer de la légalité de leur projet.

3) Demander un certificat ou permis auprès du Directeur régional du ministère de l'Environnement du Québec.

4) S'il est nécessaire de couper des arbres sur des terres de la Couronne, on doit demander un permis auprès du Directeur régional du ministère de l'Énergie et des Ressources.

5) Pour intervenir sur les terres privées, il faut obtenir l'accord ou le consentement des propriétaires riverains et les permis nécessaires des autorités municipales concernées ou encore des municipalités régionales de comté (MRC).

CHAPITRE IV

LA CONSTRUCTION DE SEUILS

Les seuils sont de petits barrages ou de petites digues dont l'utilité est de créer une faible chute d'eau qui entraîne le creusage du lit d'un cours d'eau au pied même de ces seuils pour obtenir ainsi des fosses.

La plupart des spécialistes nord-américains conseillent d'aménager un cours d'eau de façon à obtenir 35 à 50% de la superficie du cours d'eau en fosses (artificielles et naturelles) et 50% en rapides.

Un ruisseau, où l'on trouve des fosses et des rapides, a un écoulement plus lent.

Il est important de souligner que la construction de seuils ou de digues élève le niveau de l'eau et amène des risques d'érosion à chaque extrémité des structures.

Considérations particulières à la construction de seuils

- Choisir un cours d'eau ou secteur de cours d'eau assez droit, plat, uniforme et de faible profondeur d'eau en période d'étiage (basses eaux, sécheresse, 5 à 15 cm) généralement de la fin de juin à la fin de juillet.

- Choisir un secteur où le lit du cours d'eau est constitué d'un mélange suffisamment épais de roches, sable, gravier; soit au moins deux fois la hauteur des seuils projetés.

- Choisir un ou des secteurs où la pente du lit (fond) du cours d'eau ne dépasse généralement pas 3% ou 90 cm (3 pi) par 31 m (100 pi).

- Éviter de construire des seuils dans une section où la pente est trop faible ou presque nulle.

- Les berges à chaque extrémité devront avoir au préalable une pente d'au moins 45° pour éviter les débordements.

- Les berges doivent être assez hautes par rapport à une ligne verticale au cours d'eau soit:

  - environ 0,75 à 1,3 m de hauteur pour les berges de cours d'eau de 1,66 à 3,3 m de largeur;

  - environ 1,3 à 2,5 m de hauteur pour les berges des cours d'eau de 3,1 à 8,0 m de largeur.

- Choisir des endroits où des berges sont constituées de matériaux stables tels que la végétation arbustive (aulnes, bois sent bon, saules, etc...) des enrochements solides et du roc, des racines d'arbres, diverses plantes, etc...

- **Important**; aucun seuil ne devra constituer un obstacle de plus de 30 cm (12 po) de hauteur.

- Dans le cas des cours d'eau à truite, construire les seuils de manière à ne pas trop amincir et ralentir l'écoulement de l'eau sur les seuils pour éviter un réchauffement de l'eau.

- Pour les cours d'eau de 4,5 à 8 m (15 à 25 pi) nous suggérons de ne pas construire des seuils à moins de 22 m (75 pi) les uns des autres.

- La proportion idéale de fosses et de rapides ne doit pas être recherchée au dépens de fosses naturelles déjà existantes. Autrement dit, il ne faut pas altérer les fosses naturelles d'aucune façon.

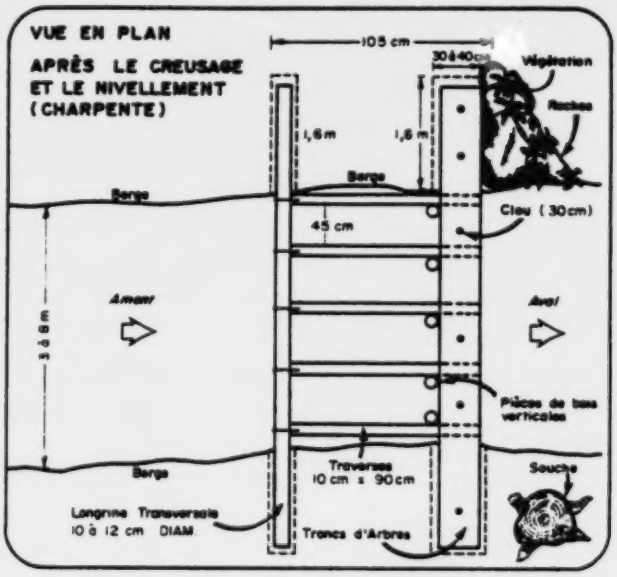
- Toujours protéger la berge du côté amont, desssus et du côté aval de chaque digue ou seuil par des caissons ou enrochements adaptés à chaque situation et à chaque structure.

- Se méfier de la présence des castors dans le secteur concerné.

Suite à toutes ces considérations nous proposons des techniques de construction de seuils qui nous semblent pratiques et relativement simples à réaliser. Certaines méthodes peuvent paraître assez semblables mais les différences parfois subtiles valent la peine que l'on s'y attarde et qu'on les applique.

A- Seuil à deux troncs superposés et à tablier de planches

Cette technique est la meilleure pour tout cours d'eau de 8 mètres et moins de largeur. Dans les ruisseaux, on peut simplifier cette méthode en utilisant un seul tronc de 20 à 25 cm de diamètre.



Sur le site choisi, on nivelle le lit et on creuse les berges aux endroits appropriés.

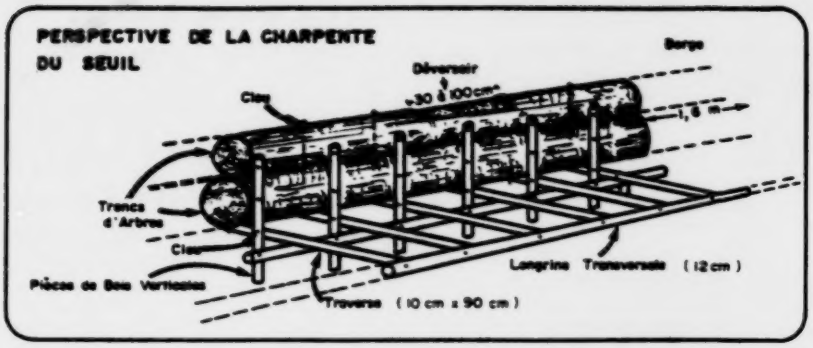
Une longrine transversale est placée dans le lit et enfoncée dans les berges.

Des traverses sont placées dans le lit parallèlement au sens du courant et fixées d'abord à la longrine.

Sur l'extrémité aval des traverses, on superpose deux troncs de 15 à 20 cm fixés l'un à l'autre par des clous de 30 cm.

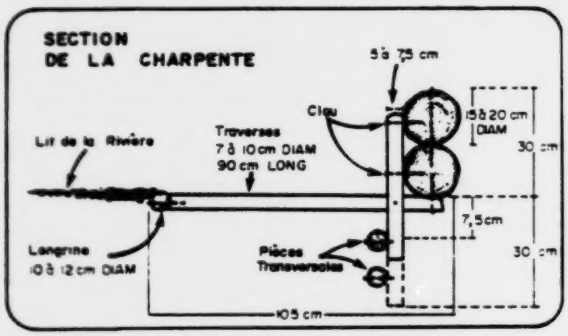
Les deux troncs peuvent être à la fois enfoncés dans la berge et appuyés sur de très grosses roches ou des souches. Ces troncs doivent être bien disposés horizontalement, petit bout sur gros bout, à chaque extrémité.

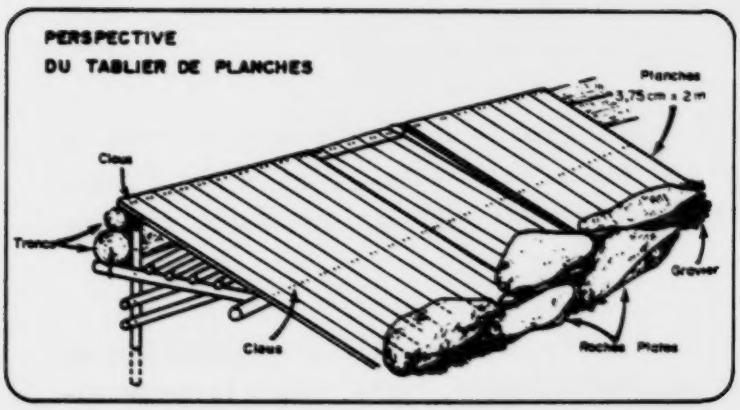
Cette charpente mise en place, on "bouche", de façon étanche, (chiendent, feuilles, mousses, roches, sable, terre, vase) la berge autour des extrémités des troncs et de la longrine.



Les traverses sont fixées sous le premier tronc et latéralement à des pièces verticales.

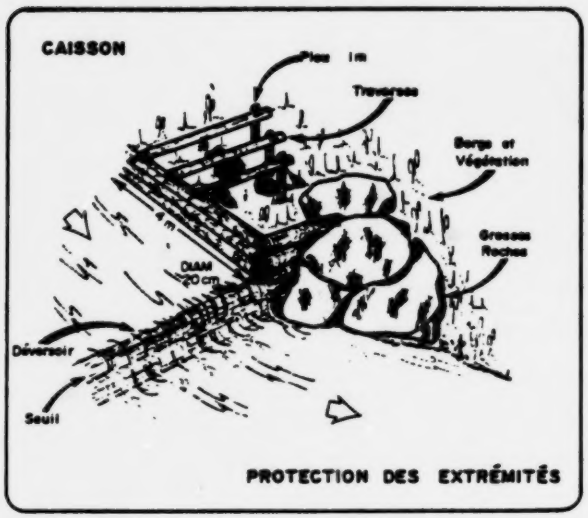
Il est important de respecter les dispositions et mesures que l'on retrouve sur cette figure pour obtenir un angle de 20 à 25° lorsque les planches seront placées pour former le tablier.





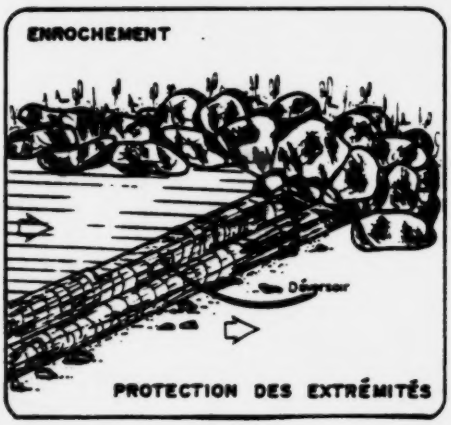
On creuse le long de la longrine. Un treillis de branches est fixé sur la charpente. Par dessus, on peut ajouter un polytène épais pour rendre le seuil plus étanche. On remplit l'espace en partie avec les matériaux d'excavation et autres. Les planches sont clouées et la base est recouverte de gravier et de roches plates.

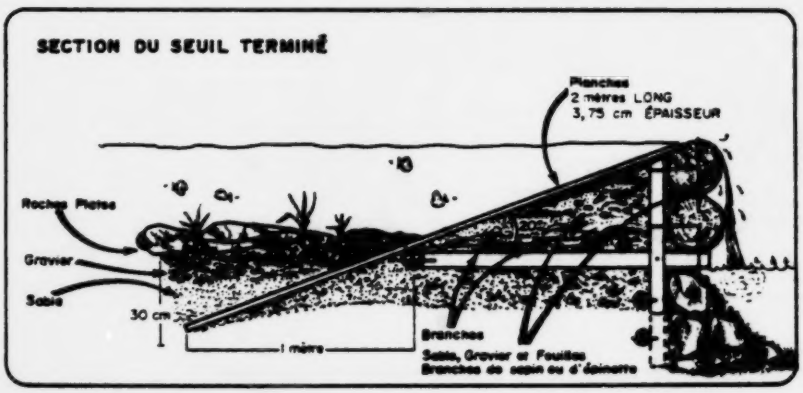
Pour protéger la berge à chaque extrémité de ce type de seuil, on peut construire un caisson ou utiliser un enrochement.



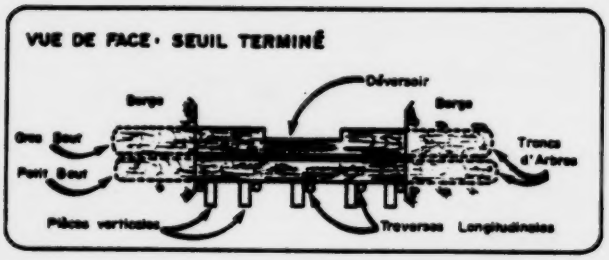
Le caisson doit être couvert de roches et atteindre une hauteur de près de un mètre. Ce caisson peut être prolongé de la même façon du côté aval du seuil. On utilisera de préférence du cèdre, de l'épinette rouge ou du mélèze écorcé pour cette construction.

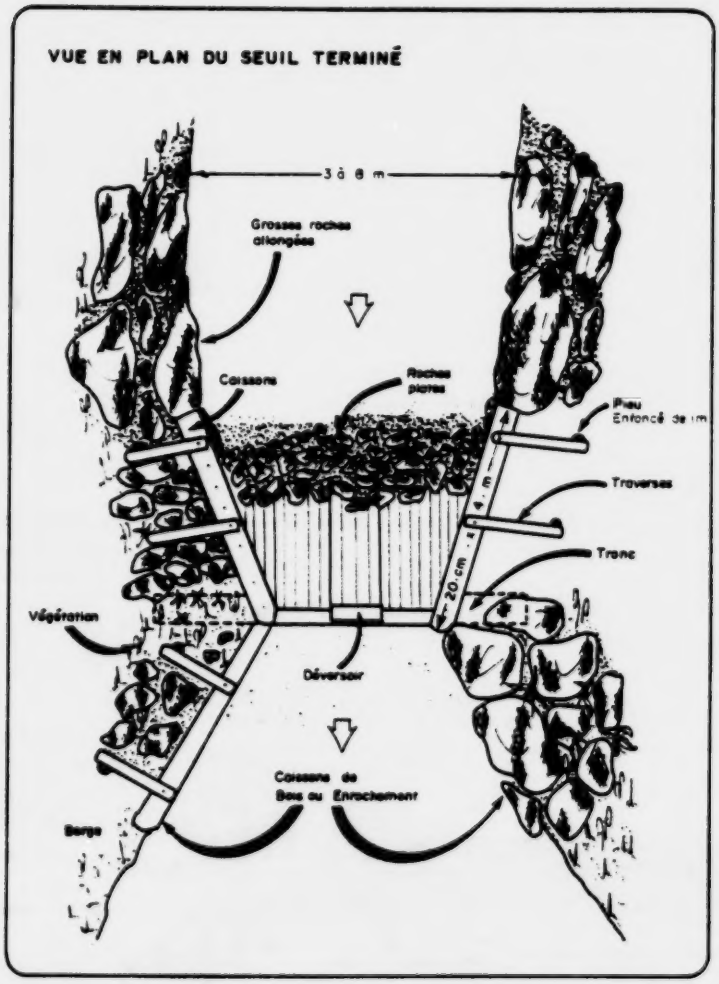
Du côté en amont, on protège la berge sur une hauteur de un mètre avec des roches oblongues et/ou plates d'un poids d'au moins 100 à 125 kilos. Sur le seuil et en aval, on mêlera des roches angulaires très lourdes.





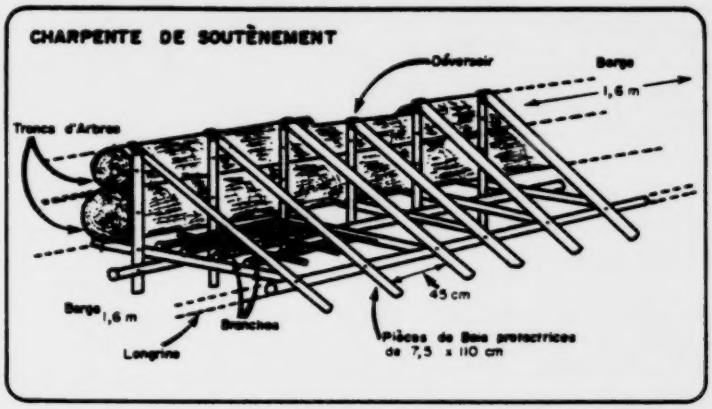
Une fois le seuil terminé, celui- ci ne doit pas constituer un obstacle de plus de 30 centimètres de hauteur.


VUE DE FACE · SEUIL TERMINÉ
Déversoir
Berge
Berge
Petit Bout
Tronc d'Arbre
Pièces verticales
Traverses Longitudinales


VUE EN PLAN DU SEUIL TERMINÉ
3 à 8 m
Grosses roches allongées
Caissons
Roches plates
Pieu Enfoncé de 1m
Traverses
Tronc
4 m
20 cm
Végétation
Déversoir
Caissons de Bois ou Enrochement
Berge

B- Seuil à troncs superposés et à tablier de gravier pour les cours d'eau de 2,9 à 4,5 m de largeur.

Cette technique offre des possibilités intéressantes pour les cours d'eau à débit pas trop torrentiel. Tous les matériaux nécessaires peuvent généralement être prélevés sur les lieux.

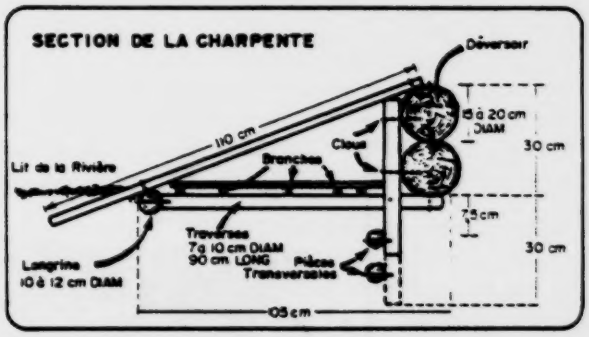


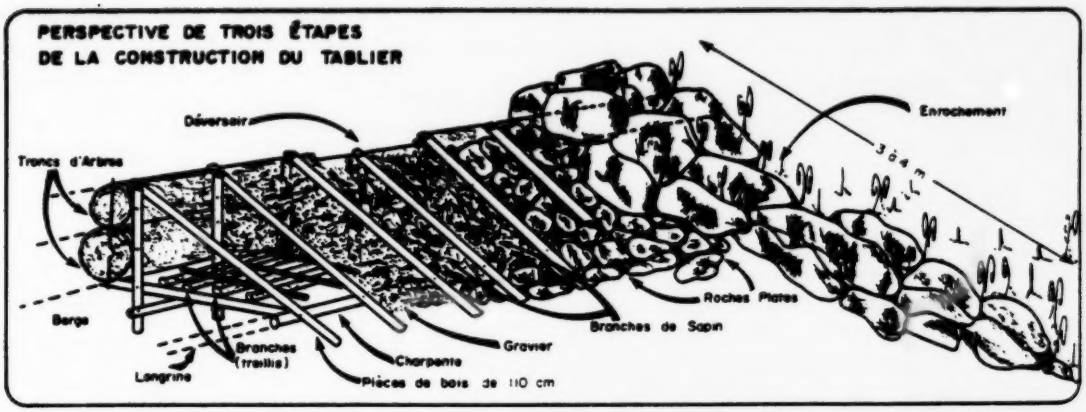
Le lit est nivelé sur une largeur de 105 cm, et les berges creusées de chaque côté pour y enfoncer les troncs et la longrine sur une longueur de 1,6 m.

Lorsque la charpente est terminée on y fixe un treillis de branches.

Par dessus le tronc supérieur et la longrine sont clouées des pièces de bois qui protègeront le tablier et faciliteront le passage des glaces au printemps.

Pour mieux imperméabiliser ce seuil, on peut placer un polytène épais sur les pièces verticales et le treillis.

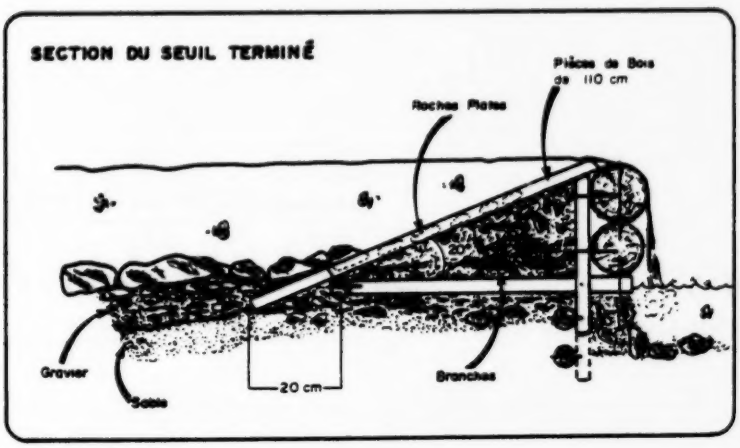




Une fois le treillis de branches mis en place on remplit de gravier l'espace entre le treillis et la surface du déversoir. On recouvre ensuite ce gravier de branches de sapin et celles-ci de roches plates.

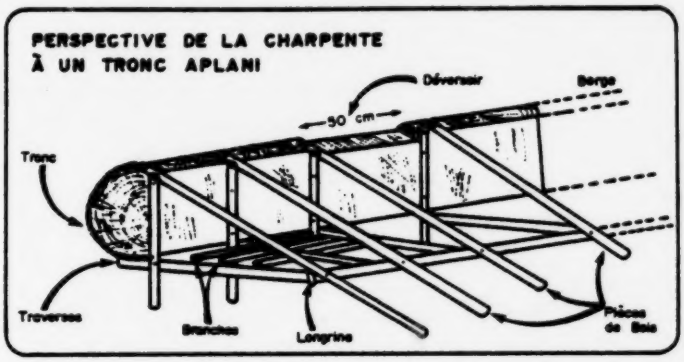
Les extrémités de ce seuil peuvent également être protégées par le même type de caisson de billots illustré dans la technique précédente, ou encore par un enrochement adéquat tel qu'illustré dans la figure ci-haut.

Dans la figure ci-bas, on peut voir comment l'ensemble de la charpente se place par rapport au lit du cours d'eau.



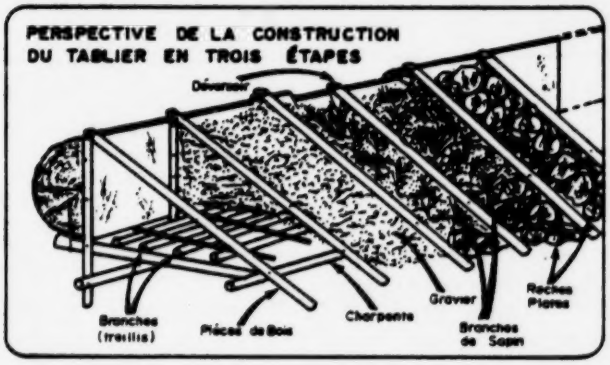
C- **Seuil fait d'un seul tronc aplani, à charpente soutenante et à tablier de gravier: pour les cours d'eau de 2,0 à 2,7 m de largeur**

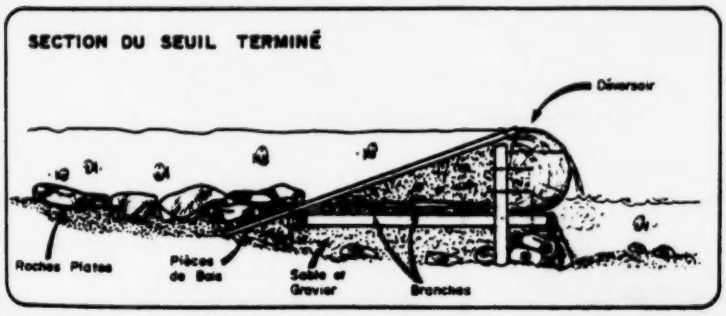
Dans ces cours d'eau, on peut utiliser le même type de seuil que celui décrit précédemment mais construit d'un seul tronc de 20 cm et aplani à la face amont. Les berges devront être abruptes et élevées.



La charpente est construite exactement de la même façon que dans les méthodes décrites précédemment mais dans des proportions différentes.

Cette figure illustre très bien les étapes importantes de la construction du tablier qui sont identiques à la méthode précédente. On pourra appliquer un polytène épais sur le tronc et le treillis pour rendre le seuil plus imperméable.



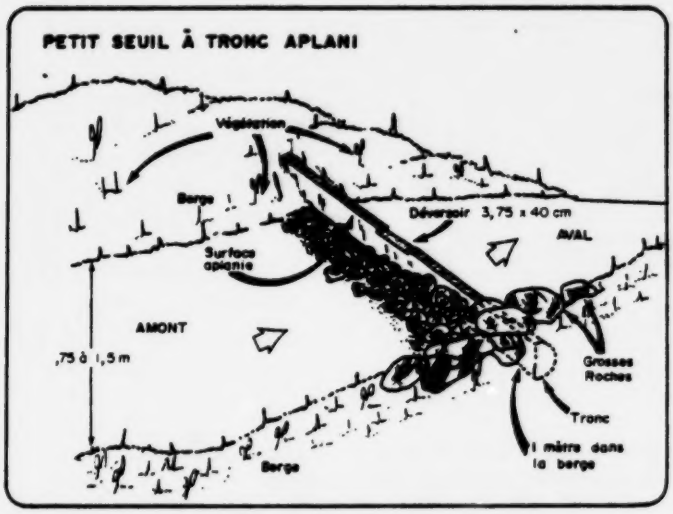


Ces seuils pourront être construits de façon rapprochée pour faciliter le dépôt de gravier et combiner fosses et frayères.

Les extrémités de ces seuils devront être protégées par des enrochements appropriés ou des caissons.

D- Seuil fait d'un tronc aplani et d'un tablier de gravier

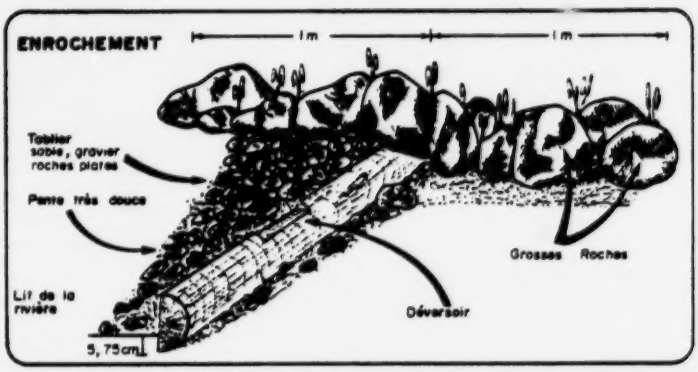
Dans des ruisseaux de 0,75 à 1,5 m de largeur, à pente de moins de 1,5% et à débit de crue assez faible, on pourra construire des seuils faits d'un tronc aplani et d'un tablier de gravier.

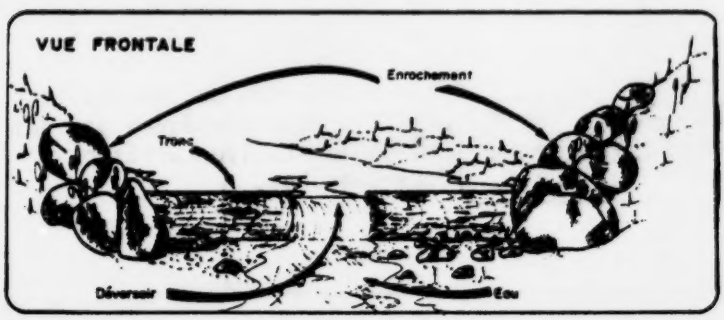


Tronc de 15 à 20 cm de diamètre, aplani du côté amont, enfoncé de 1 mètre dans les berges et de 5,0 à 7,5 cm dans le lit.

On pourra fixer un polytène épais sur la surface plane du tronc et sur les roches ou sur des pièces de bois de 5 cm X 60 cm, enfoncées à la base du tronc (côté amont).

Enrochement requis à chaque extrémité de ce type de seuil: roches de 50 à 75 kg au moins.





Effets recherchés par l'utilisation de ce type de seuil: creusage de petites fosses et déposition de gravier entre des seuils rapprochés dans un secteur donné.

CHAPITRE V

LA CONSTRUCTION D'ABRIS

Les abris constituent un facteur de survie très important pour les poissons de différentes tailles et cela pour l'ensemble des espèces de poisson.

Dans nos interventions, on doit tendre, dans la mesure du possible, à imiter les objets ou phénomènes physiques naturels.

Considérations particulières à la construction d'abris

- Localiser et identifier en période d'étiage, les endroits où l'on pourra construire ou implanter des abris pouvant être submergés en permanence dans le cours d'eau même.

- Noter et localiser les roches, billots utiles ou autres objets, secteurs du lit du ou des cours d'eau et les bas de berges qui ne sont pas submergés ou inondés en période d'étiage.

- Noter la présence et l'envergure des zones de gravier, sablonneuses, ou de vase, où les poissons ne peuvent se cacher facilement ou rapidement.

- Vérifier la présence ou l'absence d'abris près des sites de fraie.

- Déterminer la nature et l'état des berges;
  a) à pente faible ou abrupte, basses (moins de un mètre), élevées (plus de un mètre).

  b) boisées, partiellement boisées ou complètement déboisées.

  c) nature du boisement, arbustes, arbres et autres.

- Noter la présence ou l'absence d'objets ou structures quelconques projetant des ombres ou occasionnant d'autres phénomènes permettant aux poissons de se cacher.

  Exemple: des arbres tombés sur les deux berges à la fois, des grands arbres en surplomb ou en saillie, des rochers ou de grosses roches sur les berges, surface de l'eau en milieu calme brisée en petites vagues ou en ondulations.

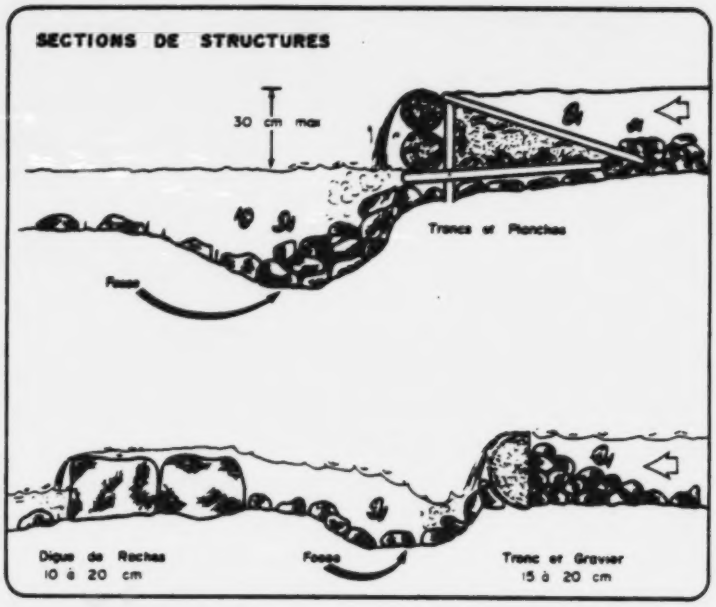
- Noter la présence, l'absence ou les possibilités de présence (plantation ou autres) de végétation arbustive en bordure et susceptible de projeter de l'ombre ou de surplomber le cours d'eau.

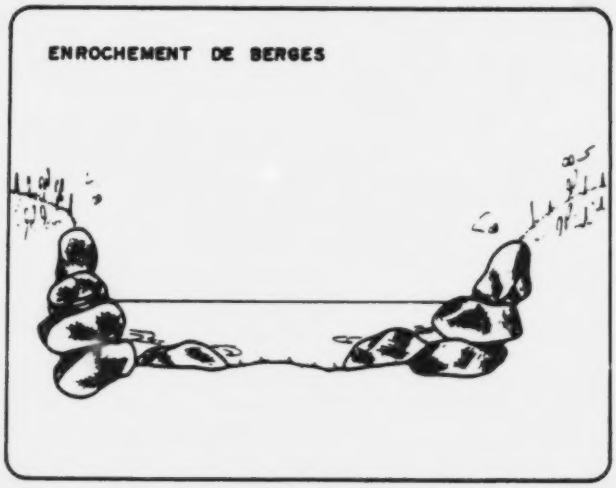
- Toujours respecter l'esthétique du milieu lors des interventions.

A- Fosses, enrochement et turbulence

Les fosses sont très recherchées par les poissons qui s'y nourrissent, s'y refugient et s'y reposent.

Les digues et les seuils sont des structures utilisées couramment pour aider à creuser des fosses dans de petits cours d'eau plus particulièrement.

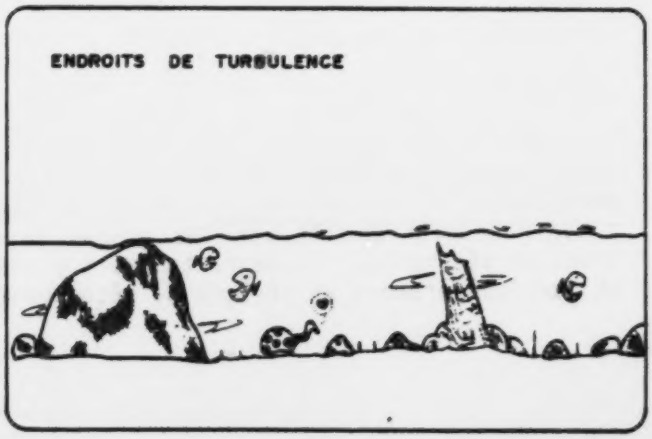




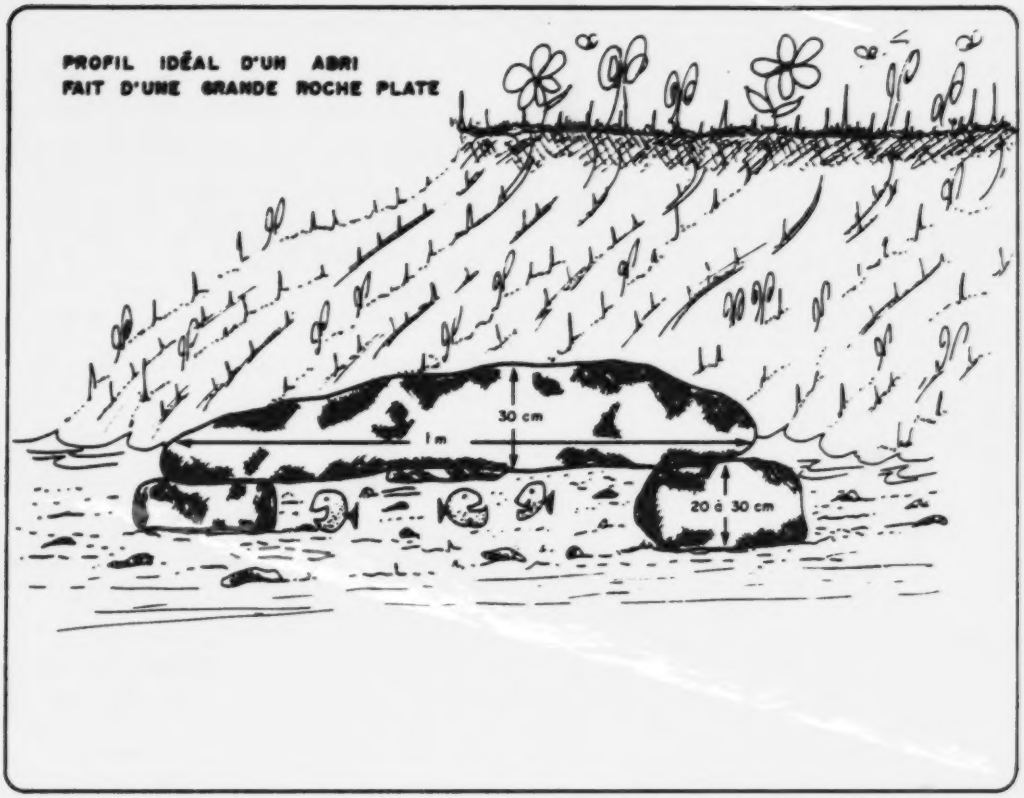
On dispose des roches le long des berges érodées pour protéger celles-ci contre l'érosion et créer des abris entre les roches.

On peut réaliser la même chose près d'une frayère ou autour d'une fosse lorsque la largeur et la profondeur le permettent.

Des poissons peuvent rechercher des endroits où il y a de la turbulence à la surface de l'eau pour s'y cacher et/ou s'y nourrir.



B- Utilisation de grandes roches plates



Profil idéal d'un abri fait d'une grande roche plate.

On utilise de très grandes roches relativement plates, de formes allongées ou rectangulaires. Les dimensions devraient varier de 45 à 180 cm pour la longueur, jusqu'à 90 cm pour la largeur et de 15 à 45 cm pour l'épaisseur. Ces dimensions dépendent de l'ampleur des cours d'eau considérés.

On placera ces abris près de frayères, dans ou sur le pourtour de fosses assez profondes, au hasard dans les secteurs à courant relativement lent. On évitera de placer ces abris dans des endroits où il peut y avoir érosion du lit par les glaces ou encore d'importantes déposition de sédiments. Il devra toujours y avoir de l'eau sous ces pierres et particulièrement en période de sécheresse.

C- Disposition de roches dans ou sur le lit d'un cours d'eau

Des roches de différentes formes et grosseurs peuvent être utilisées et disposées de diverses façons dans ou sur le lit des cours d'eau, soit pour accélérer, briser, ou ralentir le courant et servir également d'abris. On utilise cette technique surtout dans les endroits à faible pente.

Cours d'eau de 1 à 8 m

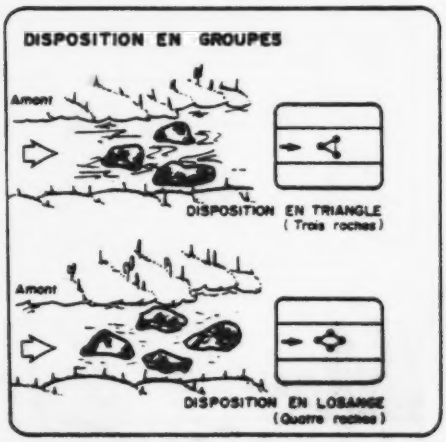
Forte densité de roches angulaires de 10 à 20 cm d'épaisseur et de 20 à 45 cm de diamètre.

Localiser de préférence en amont ou en aval des fosses, dans un secteur droit et de faible profondeur en étiage. On devra y retrouver une certaine turbulence. Ces zones peuvent devenir des lieux d'abri, de reproduction et/ou d'alimentation pour les poissons et d'autres organismes vivants (écrevisses, insectes, etc...).

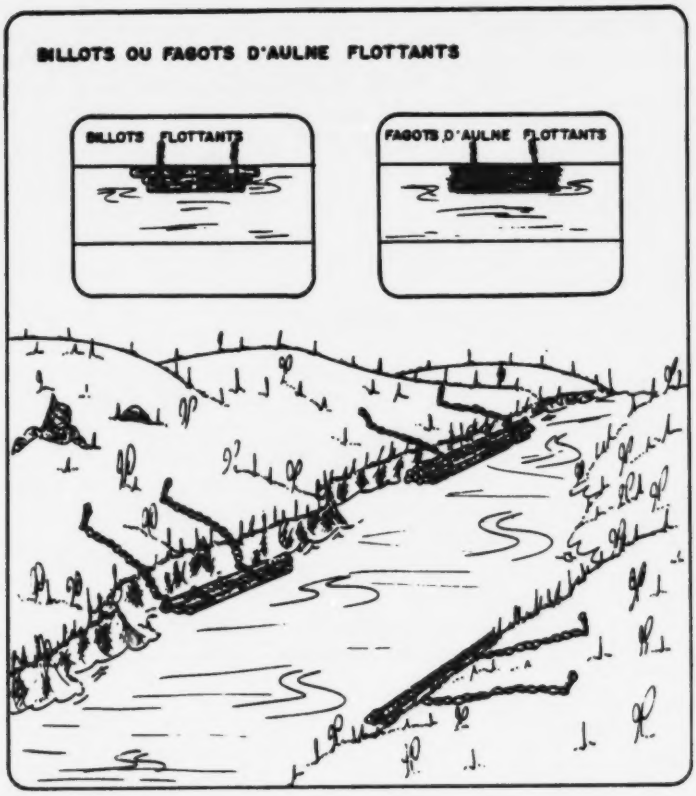
Cours d'eau de 4 à 8 m

On utilise des roches de formes plus ou moins angulaires selon les disponibilités, et d'un poids d'au moins 50 à 100 kg. Leur diamètre peut atteindre 0,6 mètre. Ces roches sont placées dans le lit (10 cm) des cours d'eau et en des endroits où il y a toujours de l'eau.

On placera ces groupes à une distance de la berge égale au tiers de la largeur du lit. On les distancera de 8 à 16 mètres. À ces endroits les berges devront être élevées et/ou résistantes à l'érosion.

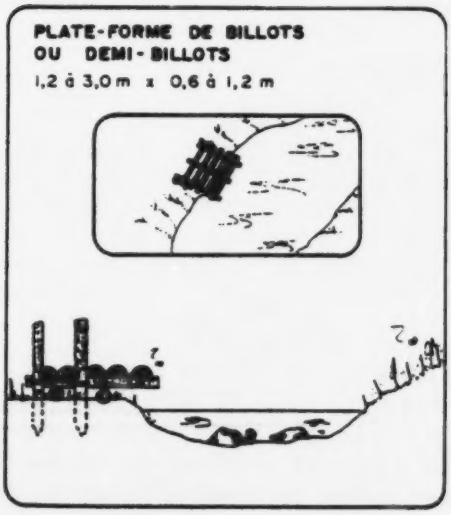


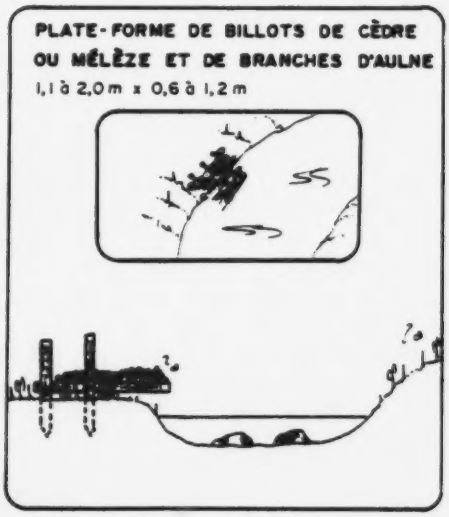
D- Les abris temporaires



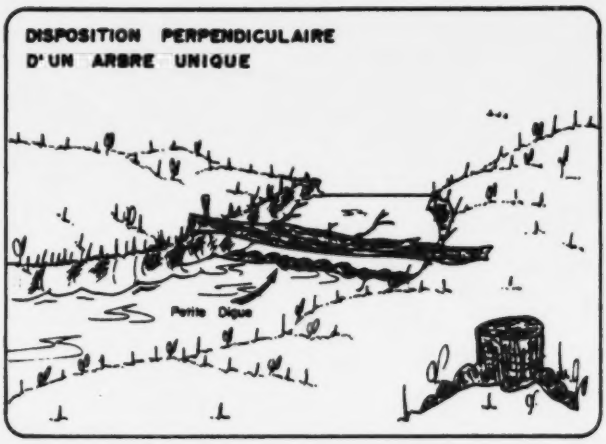
Ces abris sont constitués d'un ou plusieurs billots (cèdre, mélèze, épinette, etc...) fixés l'un à l'autre si nécessaire, par des traverses mortaisées. Les abris sont maintenus en place près de la berge par des câbles ou des chaînes reliés à des pieux. On peut utiliser des fagots d'aulne de la même façon et aux mêmes endroits où il y a au moins 20 à 30 cm d'eau.

Plates-formes amovibles imitant des berges en surplomb et pouvant suivre les variations du niveau de l'eau.

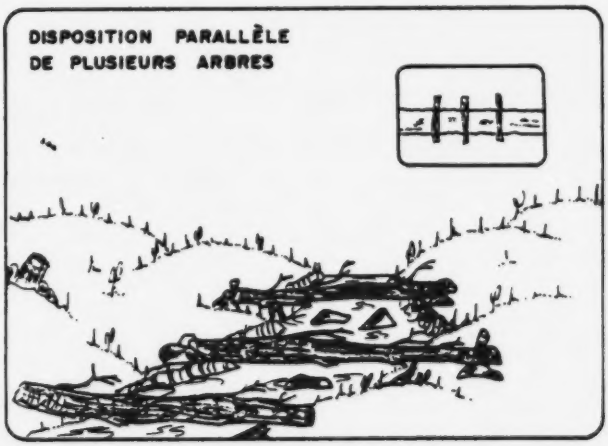




E- Utilisation d'arbres entiers ou de cimes par-dessus les cours d'eau de 4 mètres et moins de largeur.



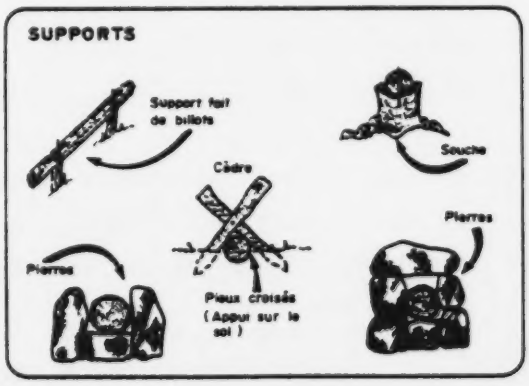
Les arbres tombés ou placés sur les berges constituent de très bons abris, surtout s'ils sont placés près d'une petite digue de roches, une frayère, une fosse, une zone d'alimentation, etc...



On peut disposer des arbres en parallèle et/ou en zigzag.

Les branches à la face inférieure sont toujours coupées près du tronc. Les autres branches sont coupées à 45 cm du tronc. Pour les conifères, cette règle doit être respectée rigoureusement.

Les arbres sont toujours placés à au moins 0,6 mètre au-dessus de la ligne des hautes eaux du printemps. Dépendant des essences ou sortes d'arbres utilisées, on pourra les appuyer et les fixer sur le sol ou sur des supports pour éviter une pourriture trop hâtive.



CHAPITRE VI

LE NETTOYAGE DES COURS D'EAU

Définition

Nous considérons ici comme étant le nettoyage de cours d'eau: l'ensemble des interventions permettant d'éliminer, dans ceux-ci, les amas de débris divers susceptibles de nuire à la réalisation du cycle vital d'un ensemble d'espèces animales et végétales, directement ou indirectement concernées par les conditions de milieu de ces mêmes cours d'eau.

Généralités

De nombreux cours d'eau sont souvent obstrués à la suite de diverses interventions de l'homme ou à la suite de phénomènes naturels. Étant donné leur grand nombre, ce sont les plus petits cours d'eau qui ont à subir fréquemment diverses dégradations.

La déposition et l'accumulation de débris de toutes sortes dans ces cours d'eau, peuvent prendre parfois des proportions spectaculaires. Ces phénomènes provoquent la dispersion de l'eau dans les sous-bois, rendent des frayères inaccessibles ou inutilisables, occasionnent des élévations de température de l'eau et des diminutions de la quantité d'oxygène dissout. De trop grandes accumulations de détritus entraînent parfois des décompositions de matières organiques qui peuvent libérer alors des substances chimiques néfastes pour la faune.

Au Québec, les sources et les ruisseaux supportent des populations de poisson dont il est important de tenir compte lorsque l'on veut assurer la protection de ces espèces et de leurs habitats à l'échelle des bassins versants.

Considérations particulières au nettoyage

- Choisir ou déterminer au préalable les endroits où seront disposés ou utilisés les débris divers: dépressions à au moins 10 mètres du cours d'eau, construction d'abris pour mammifères, oiseaux, poissons; restauration de berges, chemins de traverse, etc...

- Dans les cours d'eau à forte pente, effectuer le travail avec beaucoup de précaution et de vigilence pour éviter de provoquer de trop grandes accélérations de courant.

- Éviter le nettoyage dans les cours d'eau dont les berges sont instables et dont la pente du lit est égale ou supérieure à 3%, ceci afin d'éviter de prévenir l'érosion et les transports importants de sédiments. Prévoir au préalable de pouvoir restaurer immédiatement les berges (enrochements, plantations, etc...).

- Les interventions de nettoyage doivent se limiter à restaurer d'abord la capacité originale d'écoulement dans le chenal naturel.

- Aucune intervention ne devra être faite pour élargir ou redresser le chenal naturel d'un cours d'eau lors du nettoyage.

- Les berges ne doivent pas être altérées par les opérations de nettoyage proprement dites.

- Ne pas détruire un ou des barrages de castor sans en avoir évalué au préalable tous les potentiels en jeux (canotage, chasse, observation, pêche, trappage, etc...).

- Éviter d'altérer le lit original du cours d'eau.

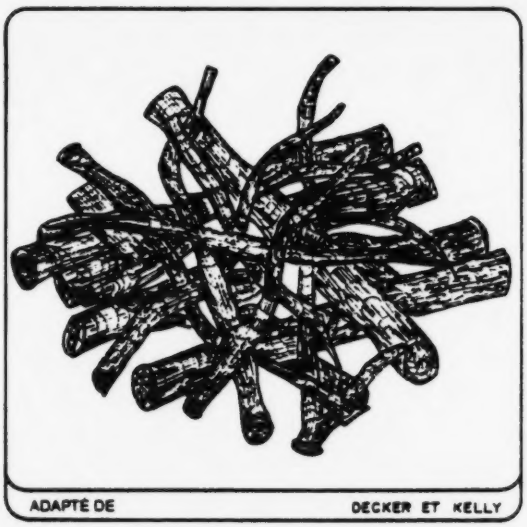
Dans les pages qui suivent, nous illustrons des exemples de choses à faire ou ne pas faire lors du nettoyage de petits cours d'eau.

A- Matériaux à enlever du chenal et/ou de la berge lors du nettoyage.

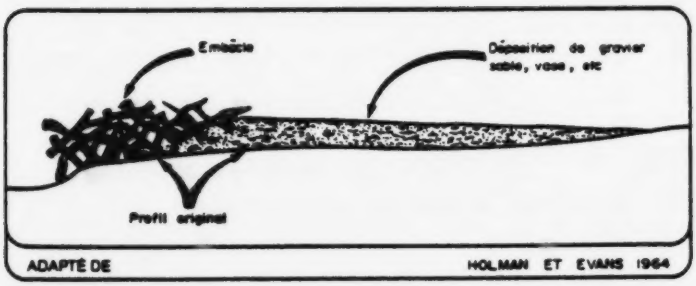
ADAPTÉ DE EVEREST ET HARR 1982

Embâcle ou obstruction majeure à dégager.

Abri terrestre construit avec des matériaux provenant d'embâcles ou d'obstructions majeures. Ces matériaux sont placés à 15 mètres de la berge.

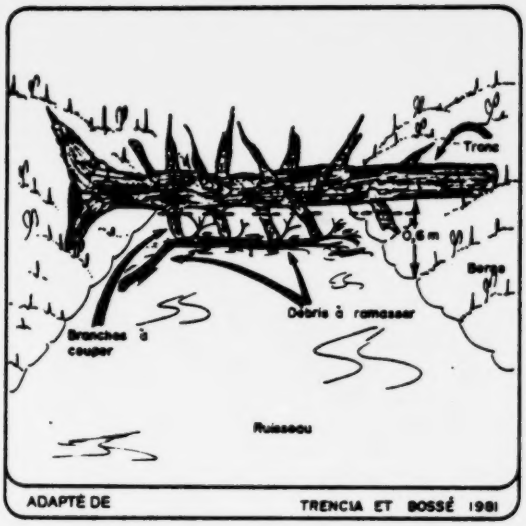


ADAPTÉ DE DECKER ET KELLY

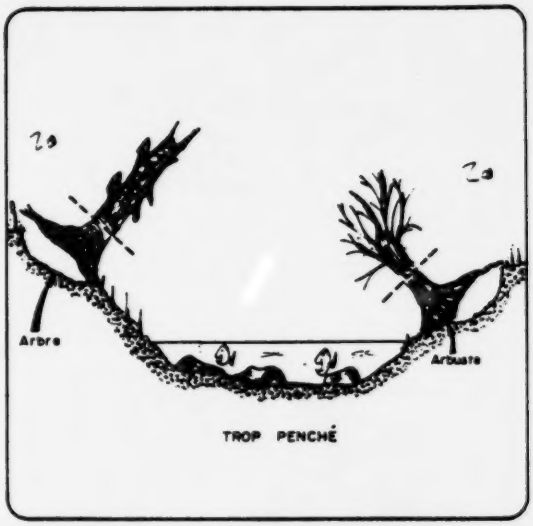


ADAPTÉ DE HOLMAN ET EVANS 1964

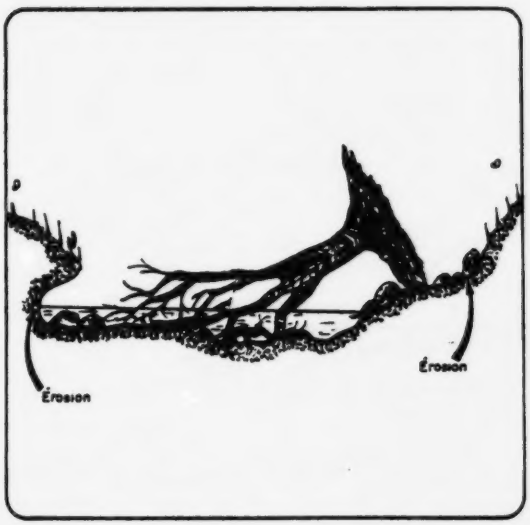
Changement du profil d'un cours d'eau résultant d'une accumulation de débris; à dégager si jugé comme étant nuisible.



Arbre branchu tombé par-dessus un ruisseau et sur les berges. On doit couper, au ras du tronc, les branches inférieures qui accumulent des débris sur le lit. Les autres branches sont coupées à 45 cm du tronc.



Arbres et arbustes partiellement déracinés; à replacer ou à couper et à utiliser à d'autres fins de restauration. On laisse les souches en place ou on les enlève pour enrocher adéquatement la berge, afin d'éviter qu'il y ait de l'érosion à l'emplacement de ces souches.



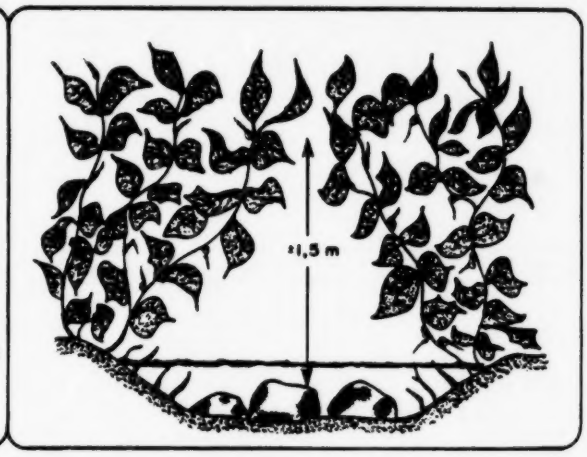
Arbre déraciné dont la cime est tombée dans un ruisseau. Il y a érosion des berges et risque d'embâcle. On doit retirer cet arbre et restaurer la berge.

B- Nettoyage des aulnes et racines envahissant les petits cours d'eau

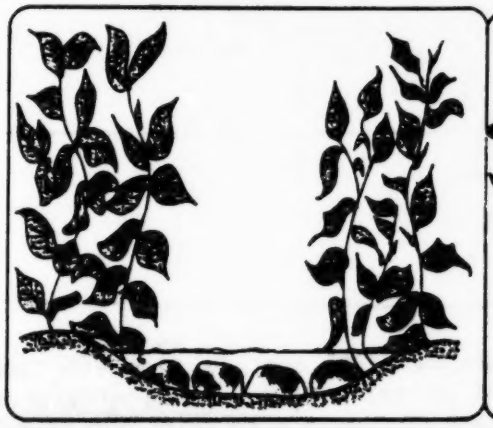
Cette situation est très fréquente et provoque ou risque de provoquer souvent des embâcles ou obstructions.

SCHÉMAS DE SECTIONS

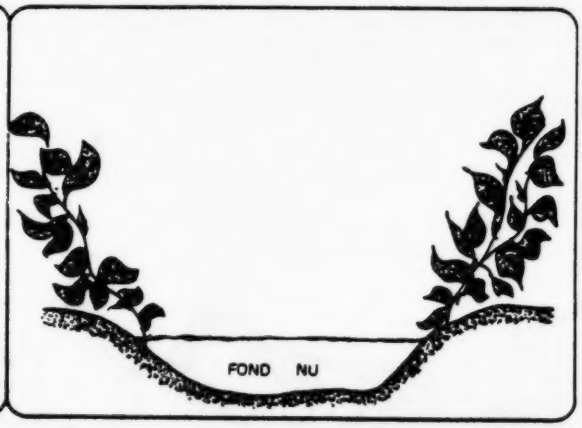
Avant le nettoyage



Acceptable pour les cours d'eau de 4,0 mètres et moins

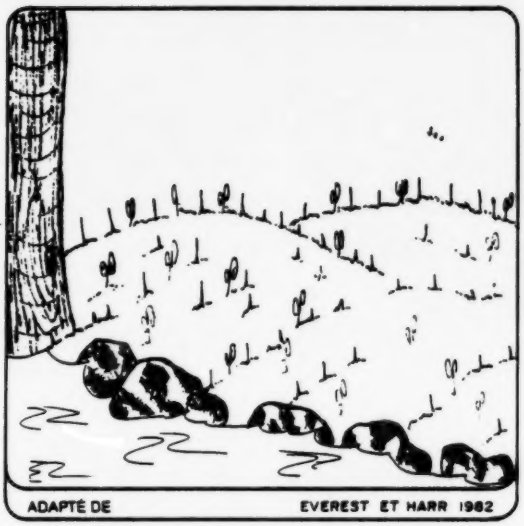


Acceptable pour les cours d'eau de 4,0 mètres et plus



Inacceptable pour tout cours d'eau au Québec

C- Matériaux à conserver lors du nettoyage

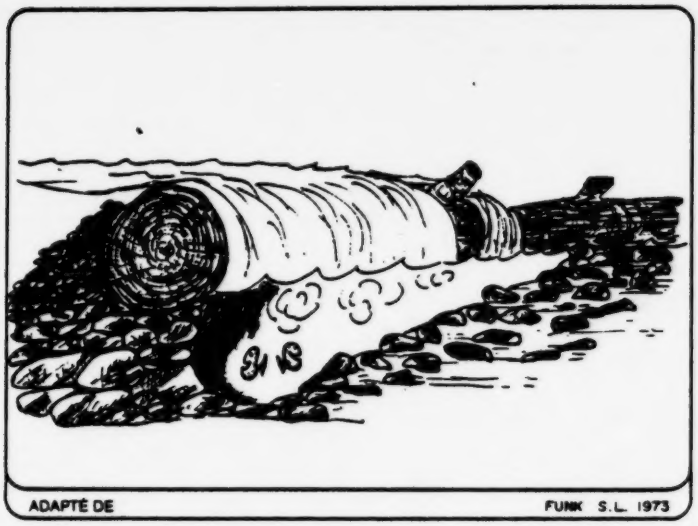


Roches de la berge que l'on doit laisser en place.

Roches du lit constituant une zone d'élevage ou des abris qu'il ne faut pas déplacer.

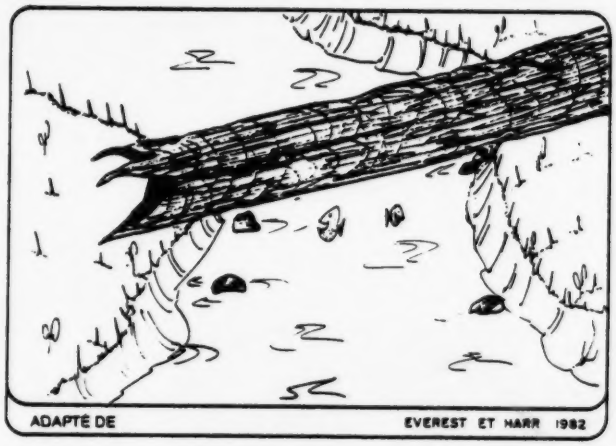
Tronc appuyé le long et au bas de la berge. Celui-ci sert d'abri et protège la berge contre l'érosion. On doit le laisser en place.

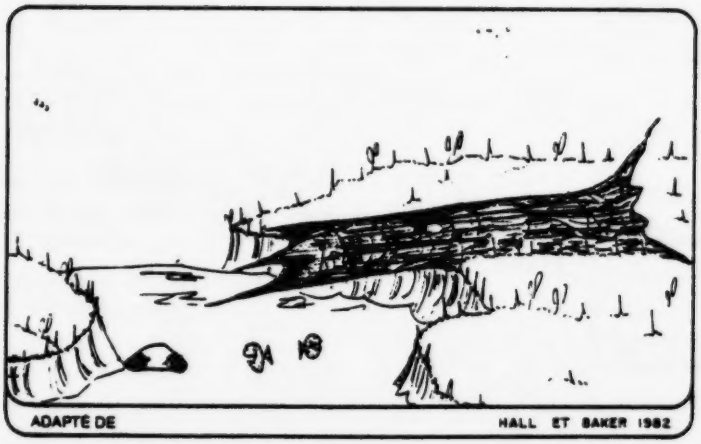
Matériaux à conserver lors du nettoyage (suite)



Tronc partiellement enfoui dans le lit et creusant une petite fosse; à conserver.

Section de tronc tombée sur les berges; à conserver si la pourriture est absente ou peu avancée.





Arbre à demi surplombant; à conserver si la pourriture est absente ou peu avancée.

CHAPITRE VII

LA RESTAURATION DES TRAVERSES DE COURS D'EAU

En forêt ou ailleurs, on rencontre de nombreuses traverses de cours d'eau abandonnées et très détériorées. Lors des pluies ou de la fonte de la neige, ces chemins sont érodés et des quantités considérables de sable et de vase sont entraînées dans les cours d'eau. Ces sédiments affectent la qualité et la productivité de ceux-ci et on doit y remédier par des restaurations appropriées.

Considérations particulières à la restauration des traverses

- En général, tous les types de restauration de traverse devraient dépasser de 1 à 2 mètres de chaque côté de l'ouverture des traverses tout en se confondant avec la berge.

- Utiliser préférentiellement des roches angulaires pour construire les murs de roches.

- Les murs ne doivent pas empiéter sur la largeur naturelle des cours d'eau.

- S'assurer que beaucoup de matériaux de remplissage sont disponibles à proximité ou ailleurs, mais facilement transportables et à peu de frais.

- Inclure dans le mélange de remplissage des matériaux tels des feuilles mortes, du sable, de la vase et autres, pour faciliter la croissance des plantes.

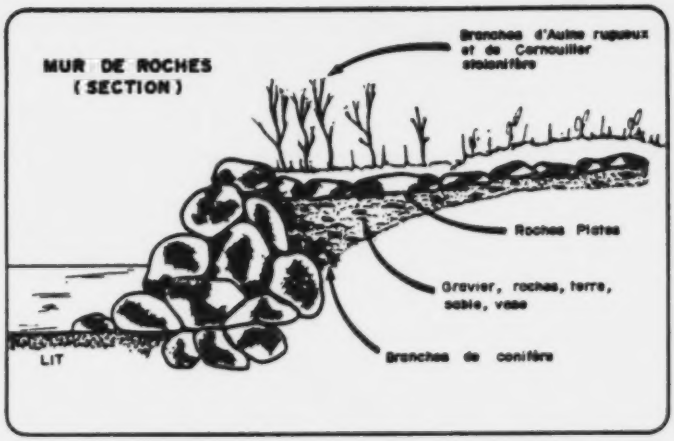
- Prévoir de planter rapidement, sur et derrière les murs, une végétation rustique abondante, diversifiée, à croissance rapide et développant des racines en surface et en profondeur.

- Disposer les plantations d'arbustes et d'arbres au hasard, pour donner une apparence plus naturelle.

- S'assurer que le lit du cours d'eau vis-à-vis une traverse sera bien enroché après la restauration, pour accélérer la stabilisation de celui-ci.

A- Restauration de traverses à l'aide de techniques simples

Cours d'eau de 0 à 3 m



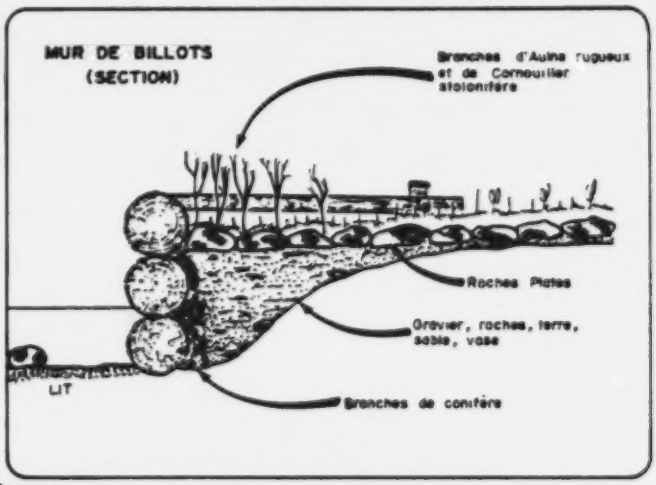
Dans les plus petits cours d'eau, un mur de forme pyramidale fait de roches est la méthode la plus simple à réaliser.

Des roches angulaires de 25 à 75 kg seront nécessaires pour construire un tel mur. Celui-ci devra se confondre avec les berges adjacentes et dépasser de 1 à 2 mètres l'ouverture de la traverse.

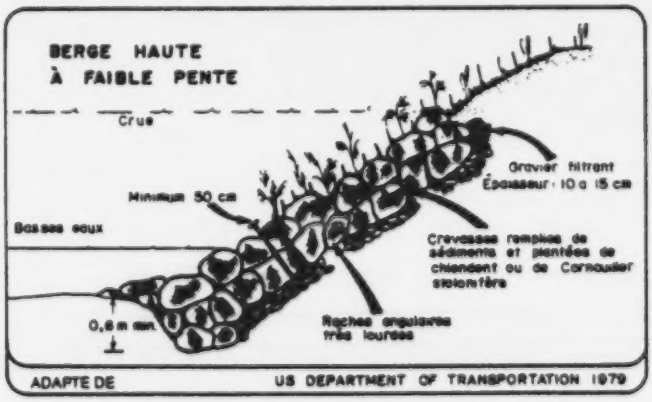
Cours d'eau de 0 à 4 mètres

Les traverses de faible largeur peuvent également être restaurées à l'aide d'un mur de billots. Celui-ci se prolongera de chaque côté de la traverse et sera incliné selon l'angle des berges adjacentes en se confondant avec celles-ci.

Ces deux premiers types de mur ne devraient pas excéder une hauteur de 1 mètre.



Cours d'eau de 4,1 à 8 mètres

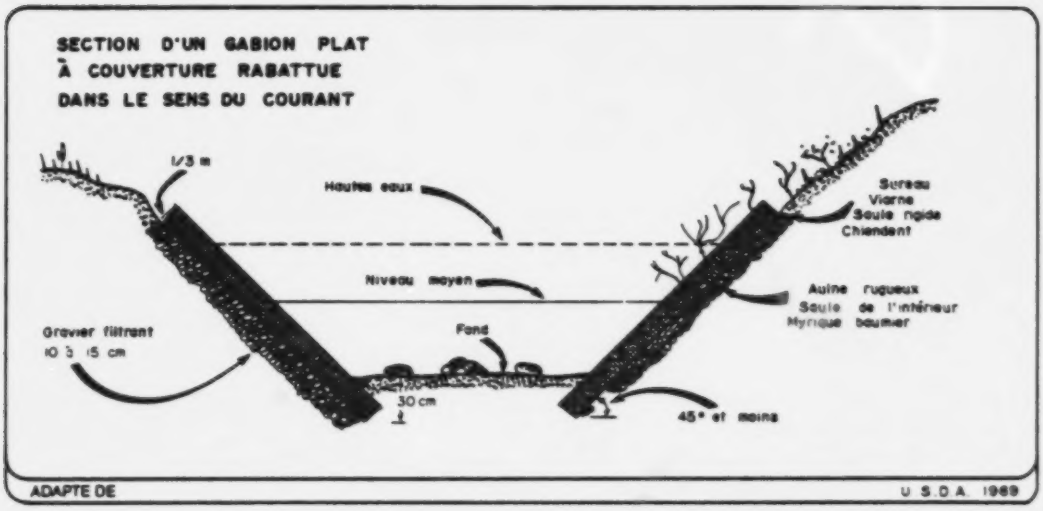


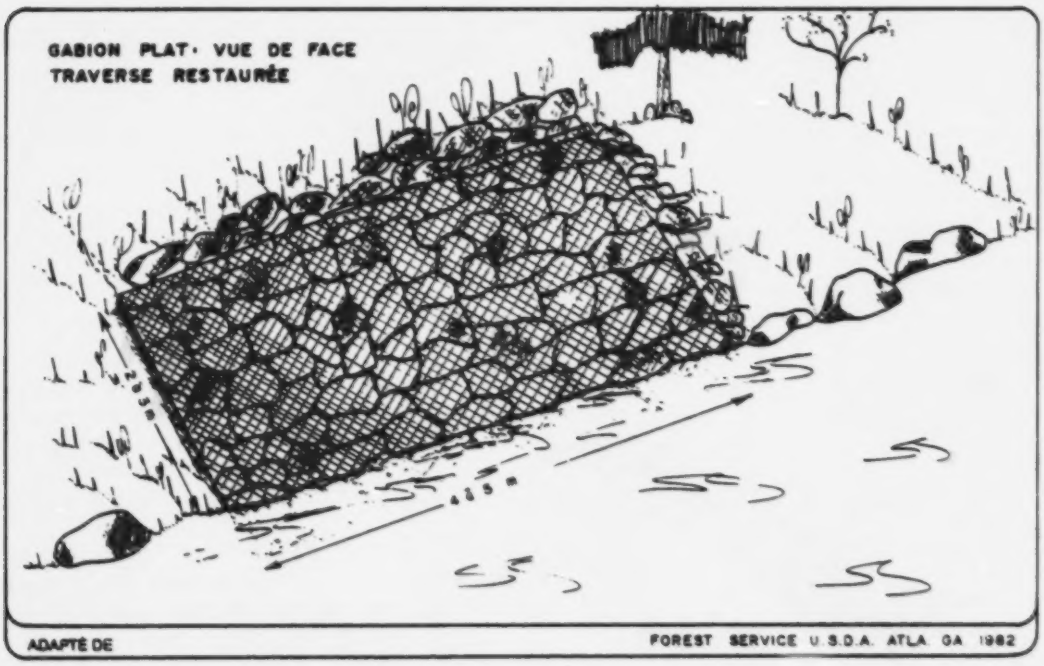
Pour les traverses plutôt larges, on pourra, si nécessaire, implanter un enrochement plus massif et plus élaboré tel qu'illustré dans la figure adjacente.

Pour solidifier les murs de roches, on plantera du chiendent entre les roches dans au moins tout le tiers supérieur de ces murs.

B- Restauration de traverses à l'aide de gabions

Dépendant des moyens financiers, des matériaux disponibles et de la sévérité des altérations, des traverses pourraient être restaurées à l'aide de gabions plutôt plats.





De face, la restauration d'une traverse avec gabions plats pourrait avoir l'allure illustrée ci-dessus.

CHAPITRE VIII

LE BLOCAGE DES CHENAUX SECONDAIRES

Il est fréquent, lors des crues du printemps, de voir des cours d'eau se diviser en plusieurs chenaux secondaires, simplement par débordement ou lorsque des embâcles se forment.

Dans plusieurs cas, on constate qu'une partie plus ou moins importante de l'eau continue à s'écouler à l'année longue dans ces chenaux. Ceci peut avoir pour effet, bien souvent, de diminuer les qualités du cours principal: diminution de la productivité (nourriture et poissons), etc...

Si la qualité générale du cours d'eau est affectée par ces phénomènes, il peut être souhaitable alors de bloquer ces chenaux secondaires pour maintenir un bon débit dans le cours principal. Toutefois il faut bien retenir que dans certains cas, des chenaux secondaires peuvent être très utiles dépendant des conditions du milieu. Par exemple, lorsque le débit est suffisant aux deux endroits, un chenal secondaire peut devenir ou être transformé en une frayère importante.

Nous suggérons ici deux techniques pour réaliser ces blocages.

Mentionnons toutefois que les techniques de restauration de traverses pourraient dans certains cas être utilisées à cette fin.

<u>Considérations particulières quant aux blocages des chenaux secondaires</u>

- Utiliser surtout du thuja (cèdre), du mélèze écorcé, de l'épinette rouge pour la construction des structures de bois. D'autres sortes de bois peuvent être utilisées, si on s'assure d'y faire beaucoup de plantations qui maintiendront le mur en place après la décomposition du bois.

- Prélever la roche ailleurs que dans le cours d'eau principal mais possiblement dans les chenaux secondaires si les conditions le permettent.

- Construire des structures solides et étanches.

- Toujours respecter l'esthétique du milieu dans la construction de ces structures.

- Utiliser des roches angulaires qui adhèreront bien les unes aux autres pour résister aux crues et aux glaces.

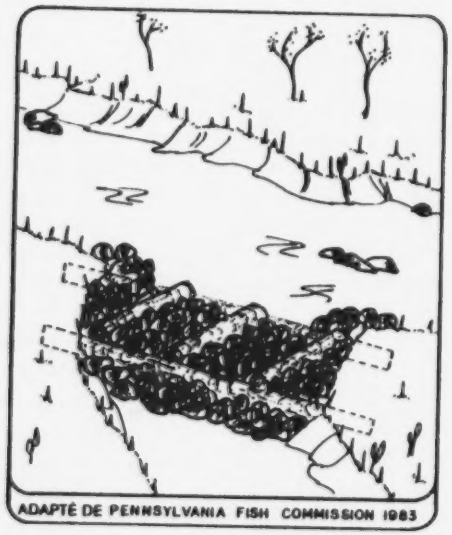
- Utiliser des roches de 25 kilos et plus pour remplir les structures de bois. Si on utilise un gabion, on pourra le remplir d'un mélange de roches et de cailloux.

- Faire un remplissage à l'arrière des structures pour augmenter l'imperméabilité et la résistance de celles-ci.

- Le remplissage des structures et de l'arrière devra contenir des éléments tels des feuilles mortes, du sable, de la vase, etc... pour faciliter l'implantation et la croissance d'une végétation diversifiée.

- Il est important de faire des plantations de toutes sortes et le plus rapidement possible sur le dessus et à l'arrière des structures.

- S'assurer que l'on maintiendra le meilleur débit dans le cours d'eau jugé le plus important et présentant les meilleures qualités d'habitat pour le poisson et autres espèces aquatiques (insectes, salamandres, etc...).

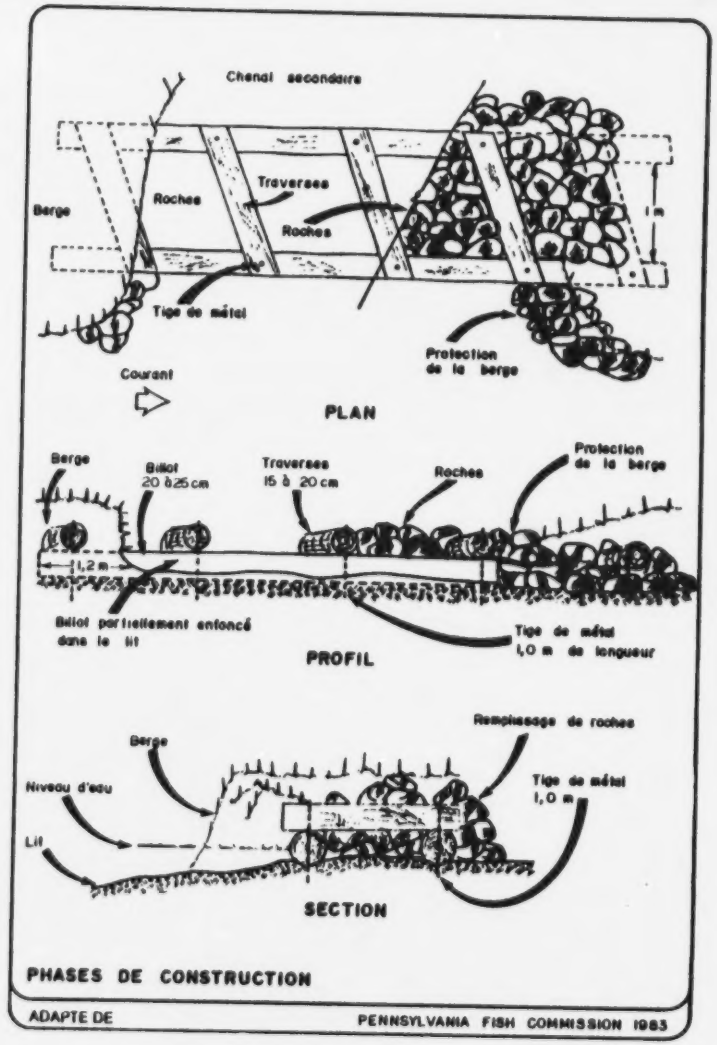


Blocage terminé

Le chenal fournissant le meilleur habitat doit être conservé.

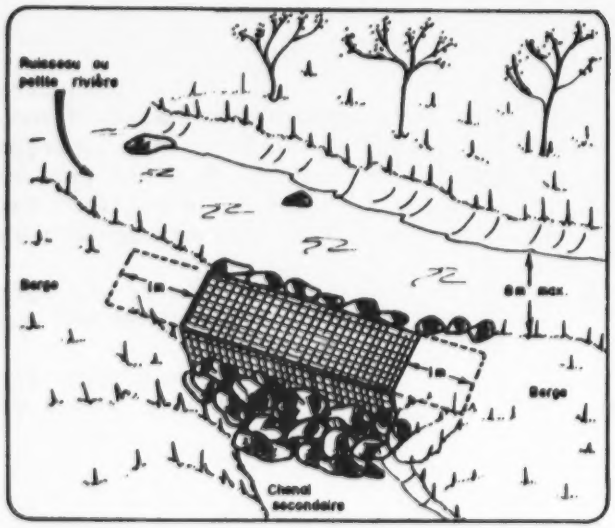
Une charpente rectangulaire faite de billots est la base de ce type de blocage.

Ce type de blocage pourra être utile dans les petits cours d'eau où les berges ne sont pas trop élevées. On pourra y mélanger feuilles, mousse, sable et vase pour y faire des plantations et solidifier davantage.



Un pourra ajouter un "étage" pour une berge un peu plus élevée.

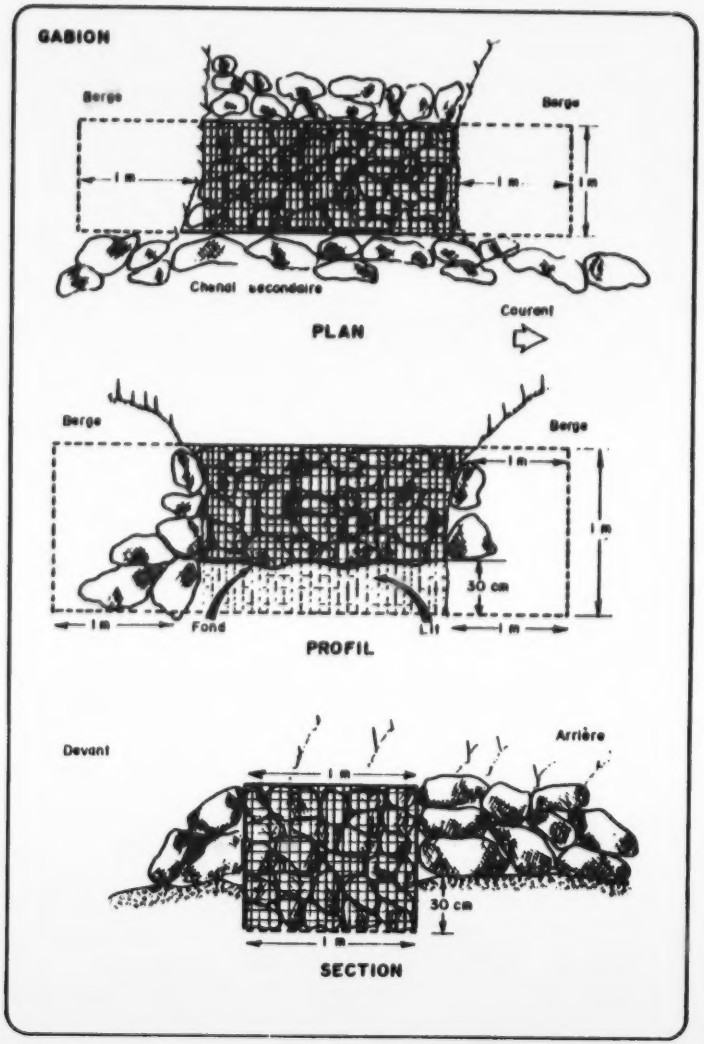
B- Blocage à l'aide d'un gabion



Blocage terminé

Si un chenal secondaire traverse une berge assez élevée soit environ un mètre, on pourra bloquer avec un gabion.

Cette technique peut être plus coûteuse mais s'avérer aussi plus efficace. On aura alors besoin de beaucoup de roches pour remplir ce panier de broche. Encore ici, il serait souhaitable de mêler aux roches, feuilles, mousse, sable et vase pour faciliter la croissance de plantes.



Phases de la construction

CHAPITRE IX

LA RESTAURATION DES BERGES

La restauration des berges d'un cours d'eau peut être requise pour améliorer la qualité de l'habitat du poisson et la productivité des zones riveraines.

Lorsque les berges sont détériorées d'une façon quelconque, des phénomènes d'érosion de celles-ci se manifestent et la qualité générale du cours d'eau en est affectée: transparence et couleur de l'eau, accumulation de débris, de sable, de vase sur le lit, affaissement de sections de berge lors des crues, destruction de frayères, etc...

Dans certains cas, l'amélioration et la restauration des berges peuvent constituer des projets d'une ampleur considérable.

Nous allons présenter ici des techniques d'amélioration et de restauration de berges pouvant s'appliquer à peu près partout, pour des projets de peu d'envergure et dans de petits cours d'eau. Des techniques simples peuvent s'appliquer lorsque par exemple un arbre de la berge a été déraciné, une section de berge s'est affaisée lors des crues, une berge a été altérée par le passage d'une machinerie quelconque, etc...

Ce sont toutes des techniques dites d'enrochement, que l'on devrait toujours accompagner de plantations d'arbustes et de plantes herbacées à croissance rapide.

Considérations particulières à la restauration des berges

- Sous tout enrochement, on place une couche de gravier de 10 à 15 cm d'épaisseur afin de filtrer les matériaux pouvant se détacher des berges lors des crues.

- Si on enroche une berge sur toute sa hauteur, il est souhaitable d'aller également jusqu'à une certaine profondeur dans le lit du cours d'eau.

- Les enrochements devraient s'étaler vers le haut de la berge jusqu'à environ 60 cm au-dessus de la ligne des crues les plus importantes, pour que l'on puisse y implanter de la végétation.

- Dans la mesure du possible toujours utiliser des roches provenant d'ailleurs que dans le lit du cours d'eau.

- La forme des enrochements doit toujours se confondre avec les berges adjacentes.

- Toujours éviter de rétrécir le cours d'eau par un enrochement quelconque.

- Toujours restaurer de façon à pouvoir faire des plantations au moins dans la moitié ou le tiers supérieur, le dessus et l'arrière des enrochements le permettant.

- Si nécessaire adoucir la pente pour faciliter les conditions d'enrochements et/ou de plantation.

- Si on utilise des boutures sauvages, on pourra planter au printemps les pousses de l'année précédente, tandis qu'à l'automne on plantera les pousses de l'année courante.

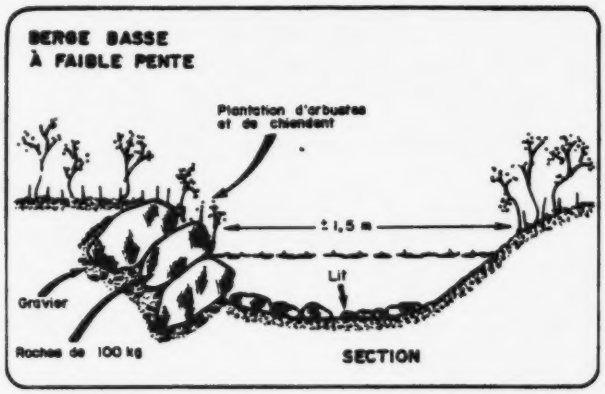
- Les boutures sauvages (branches) devront avoir au minimum 30 à 45 cm de longueur, enfoncées deux à la fois à 45° en ne laissant dépasser que deux ou trois bourgeons.

- Il faut mélanger et diversifier les plantations pour que les berges soient attrayantes pour la faune et même pour les insectes qui sont souvent la proie des poissons.

- Éviter l'utilisation de plantes envahissantes dans les zones non forestières.

A) **Techniques d'enrochement simples où les roches sont généralement placées à la main, de façon très serrée, dans de très petits cours d'eau.**

Enfoncement de roches



On utilise de grosses roches dont les joints devront être serrés. La plantation arbustive pourra être constituée soit d'aulne, de cornouiller stolonifère, de saule arbustif, de viornes et autres.

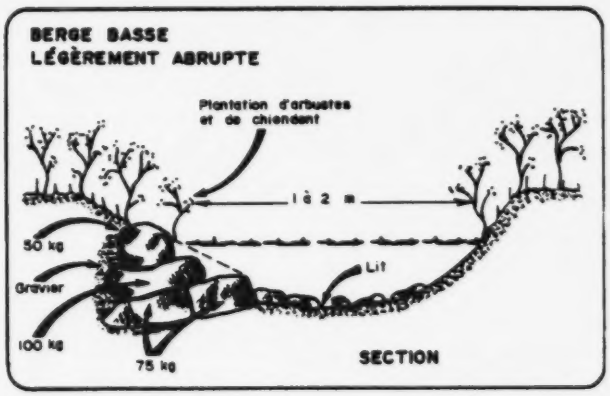
On pourra utiliser des boutures sauvages pour réaliser certaines plantations.

Enfoncement et empilement

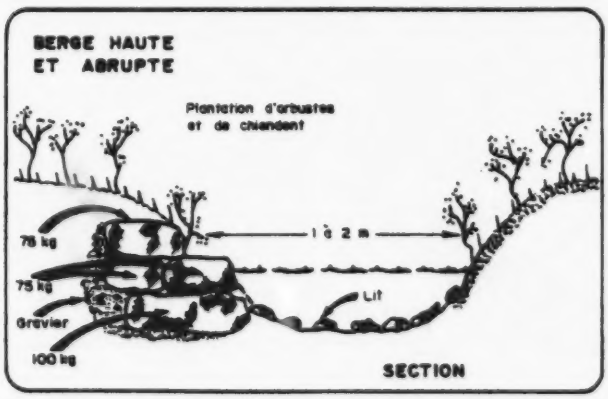
Roches: utilisation de grosses roches de formes angulaires.

Plantation: arbustes tel l'aulne, le cornouiller stolonifère, le saule arbustif, le sorbier, les viornes et autres.

Dans tous les cas, il faut faire de la plantation au moins dans le tiers supérieur des enrochements et plus haut si nécessaire.



Enfoncement et empilement

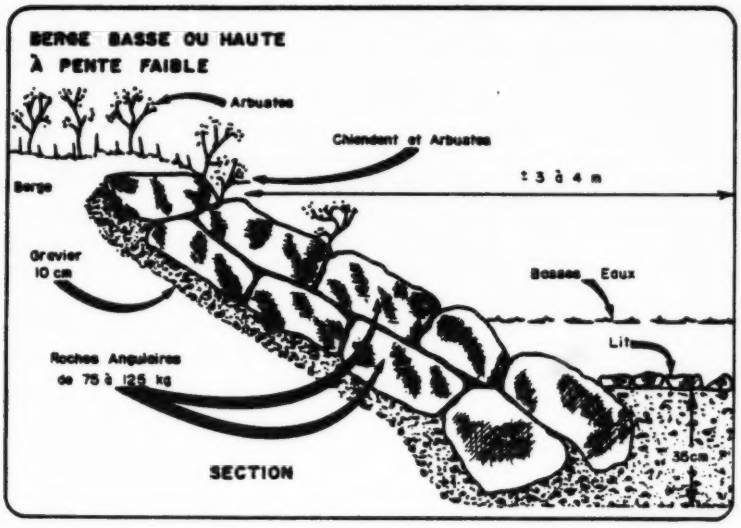


Roches: utilisation de très grosses roches de formes angulaires placées de façon très serrée.

L'enrochement doit toujours prendre la forme de la berge adjacente.

Plantation: aulne, cornouiller stolonifère, saule arbustif, sorbiers, viornes et autres.

B) Techniques d'enrochement plus élaborées



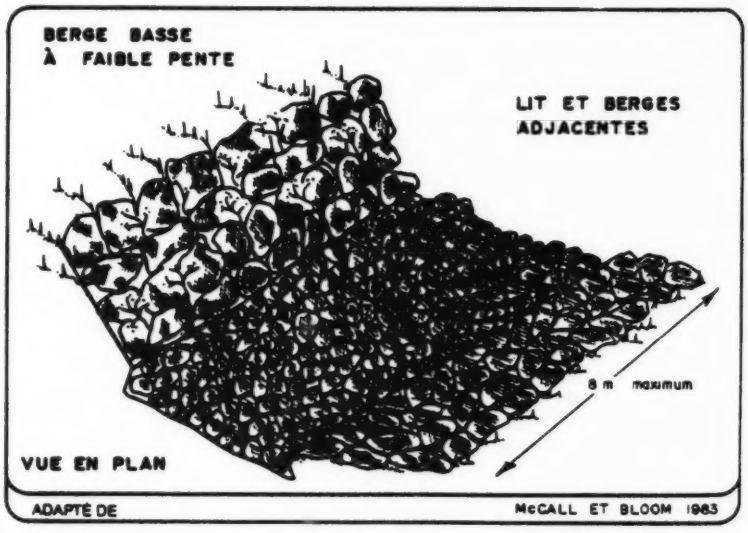
Une courte section de berge peut être considérablement détériorée.

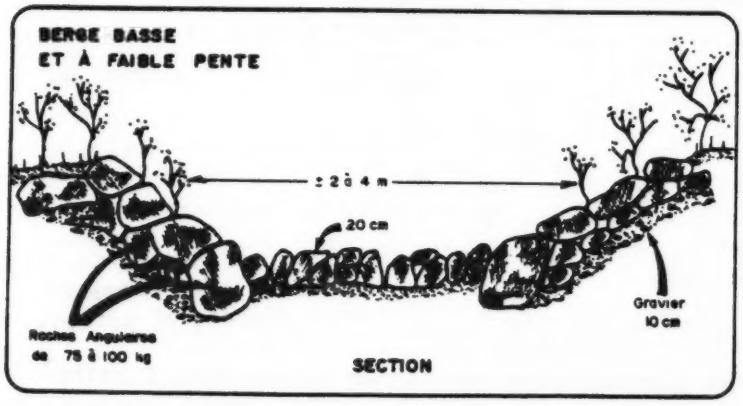
Deux rangées de grosses roches angulaires placées à la main et très tassées pourront réparer les dégâts dépendant des crues et de l'importance du cours d'eau. Des plantations seront faites sur le dessus de la berge et entre ces roches.

Une courte section du lit et des berges adjacentes peut être à reconstituer en même temps.

Cette technique peut également être utilisée pour construire ou restaurer un rapide.

Les roches seront placées à la main.

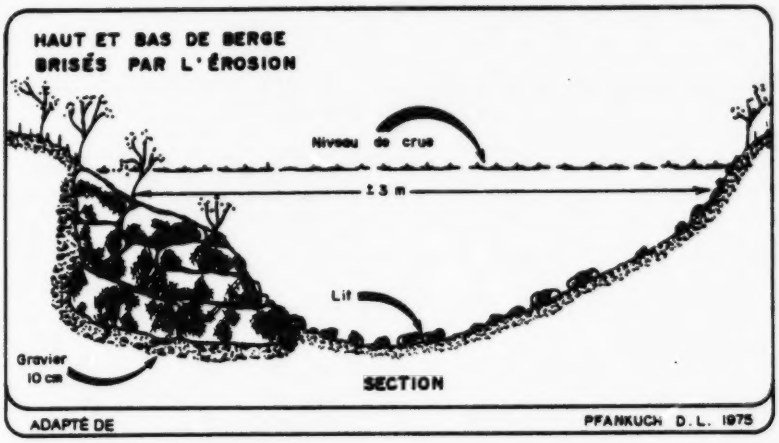




Façon de procéder pour réaliser l'enrochement du lit et des berges adjacentes.

Cette technique pourrait être appliquée pour la restauration d'une traverse d'un cours d'eau.

Techniques d'enrochement plus élaborées (suite)



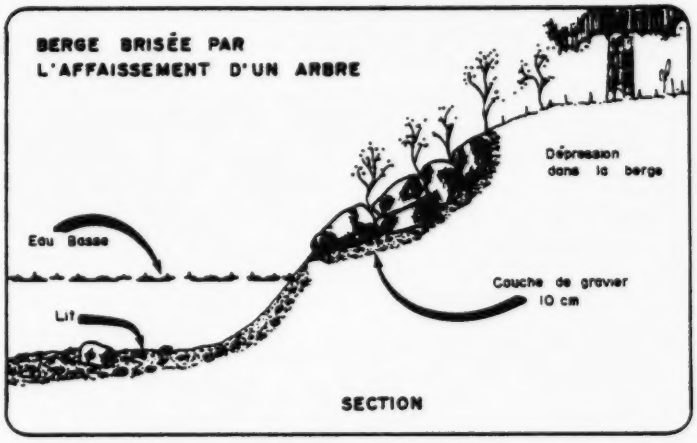
Les roches doivent peser au moins 75 à 100 kg et être placées très serrées et à la main.

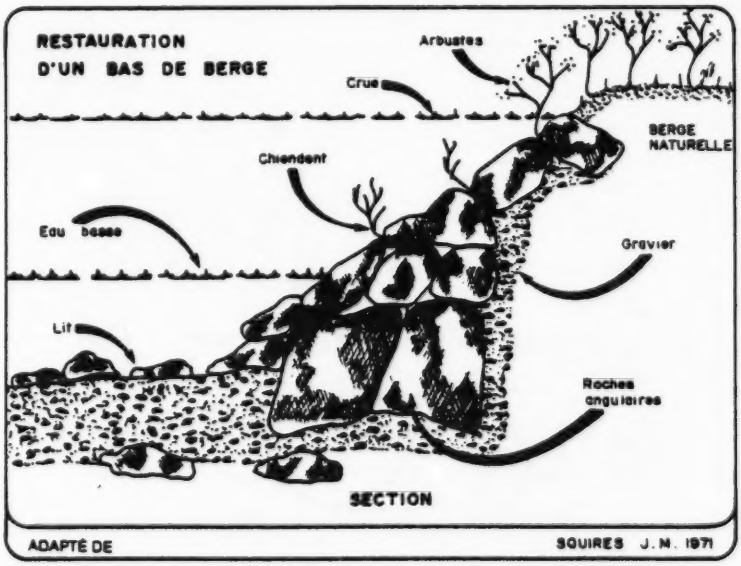
Les plantations pourront être faites à l'aide de boutures ou d'arbustes sauvages de la région.

L'affaissement d'un arbre ou d'une touffe d'arbustes est un phénomène fréquent.

Pour restaurer une telle altération on utilisera des roches d'au moins 50 à 75 kg.

On placera beaucoup de chiendent dans les petits espaces entre les roches.



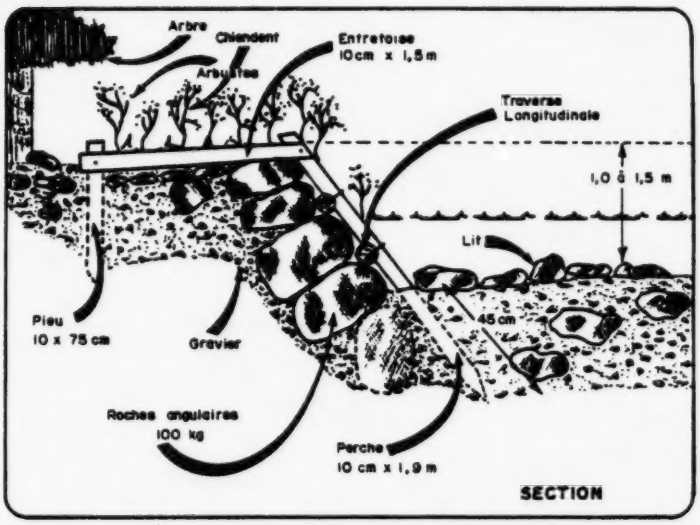


Dans ce cas-ci c'est une altération assez importante. Les roches de la base devront peser au moins 100 à 150 kg. Celles du dessus devraient peser de 75 à 100 kg. Toutes ces roches seront bien tassées et on prendra soin de faire des plantations dans les espaces entre les roches.

C) **Restauration de petites sections de berges avec des roches maintenues en place à l'aide d'une charpente de bois.**

Pour la charpente on utilisera de préférence des perches et des rondins d'épinette rouge, de mélèze ou de cèdre écorcé.

Cette technique pourrait également être utilisée pour restaurer les traverses de cours d'eau ou des sections plus importantes ayant des berges basses ou hautes.



Les roches sont enfoncées dans le gravier et disposées de façon à avoir la même pente que la berge adjacente.

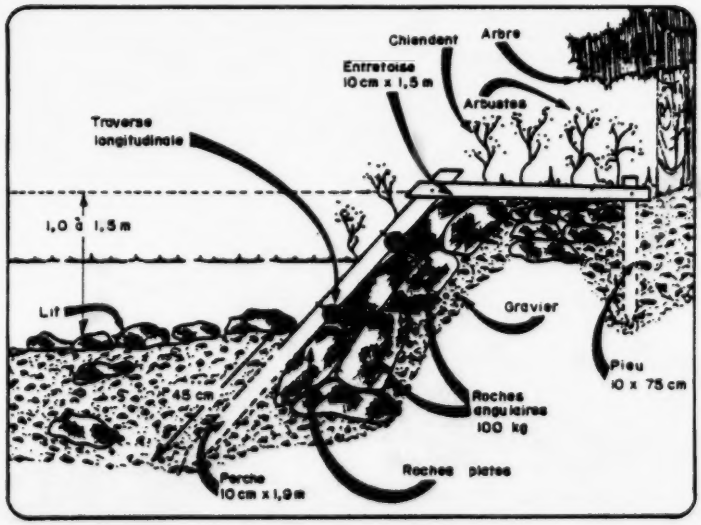
Des perches sont placées par-dessus les roches et enfoncées dans le lit. Les perches sont espacées de 30 à 45 cm centre à centre dépendant de la largeur des roches à maintenir en place.

Deux traverses longitudinales sont placées sous les perches dans des encoches.

Dans ce cas-ci on protège la berge à l'aide de deux rangées de roches. Toutes les autres étapes de construction sont identiques aux précédentes.

Il faut mentionner que dans les deux cas, l'entretoise doit être placée au ras du sol.

Également, un mélange de gravier, sable, terre et vase est répandu sur le dessus de la berge pour y faciliter les plantations.



CHAPITRE X

LA CONSTRUCTION DE FRAYÈRES

La frayère est nécessairement le facteur qui permet d'abord à une espèce de poisson de se reproduire. Les poissons requièrent de bonnes frayères pour se reproduire avec succès.

D'après la littérature et notre propre expertise, les techniques simples d'amélioration, de construction et/ou de restauration de frayères particulièrement dans les petits cours d'eau, sont peu nombreuses. De plus, ces techniques doivent par la force des choses être adaptées et éprouvées aux variations considérables de nos conditions climatiques (gel, dégel, crues, pluies, etc...).

De nombreuses espèces de poisson utilisent comme substrat (fond) pour la fraye soit le gravier, le sable et/ou un mélange des deux. Le gravier dont le diamètre peut varier de 6 à 50 mm (1/4 à 2 po) constitue une qualité de substrat recherchée par l'achigan à petite bouche, les ménés, les ombles, les truites et autres.

Il s'agit d'avoir du gravier "placé" ou "déplacé" aux bons endroits et aux bons moments dans les cours d'eau, pour qu'il puisse constituer des lieux de reproduction pour les espèces concernées.

Les techniques présentées ci-après le sont surtout à titre de suggestion et pourraient même être considérées à titre expérimental. Dans l'ensemble, ces techniques s'appliqueraient plus particulièrement aux salmonidés (ombles et truites) se reproduisant en cours d'eau.

Le succès de l'application des techniques dépendra des conditions de milieu, que l'on devra connaître le mieux possible sur une base annuelle, afin d'agir efficacement pour améliorer la reproduction naturelle des espèces de poisson concernées.

Considérations particulières à la construction de frayères

- S'assurer d'abord qu'il y a un manque de frayère ou un véritable besoin d'en améliorer, d'en créer ou d'en restaurer.

- Le secteur choisi ne doit pas être sujet à une forte érosion des berges et du lit par les crues et la glace.

- La pente du secteur choisi ne devrait pas dépasser 1,5%.

- Choisir des cours d'eau ou section de cours d'eau à débit peu torrentiel.

- Bien connaître la vitesse d'écoulement de l'eau durant les périodes de crues importantes.

- En général pour tout type de frayère à salmonidés, choisir un secteur dont la vitesse du courant pourra varier de 0,6 à 0,9 mètre/sec à niveau moyen.

- Ne pas tenter d'améliorer une frayère déjà existante sans être sûr de bien connaître le cours d'eau et de réussir.

- Si on a à creuser ou à faire des tranchées, s'assurer qu'il y a au moins 40 cm d'épaisseur de matériaux pouvant être enlevées.

- Si on installe des digues ou des seuils, les berges devraient avoir une pente de 45° et une hauteur de un mètre. Si les berges sont plus basses, les digues et seuils devront être également plus bas (maximum 15 cm).

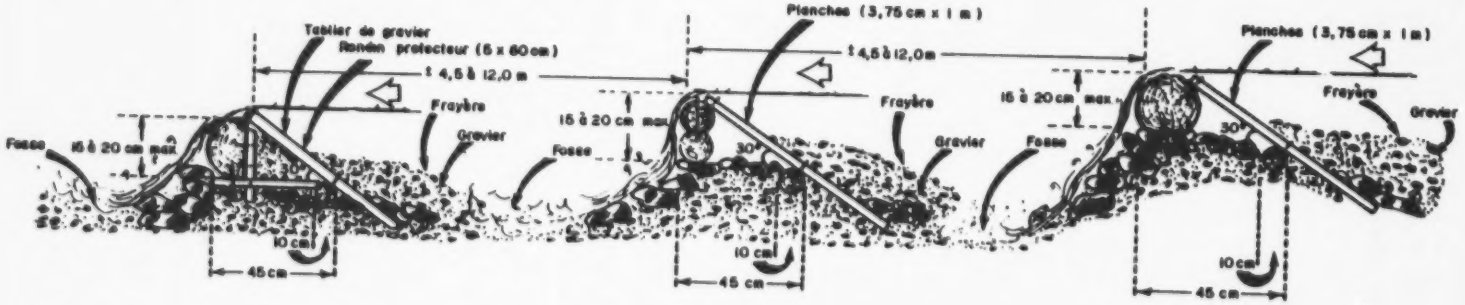
- De préférence toujours utiliser du gravier rond pour construire les frayères afin de diminuer les possibilités d'accumulation de sédiments.

- S'assurer qu'il y a toujours des abris, ou le cas échéant en construire, à proximité des frayères.

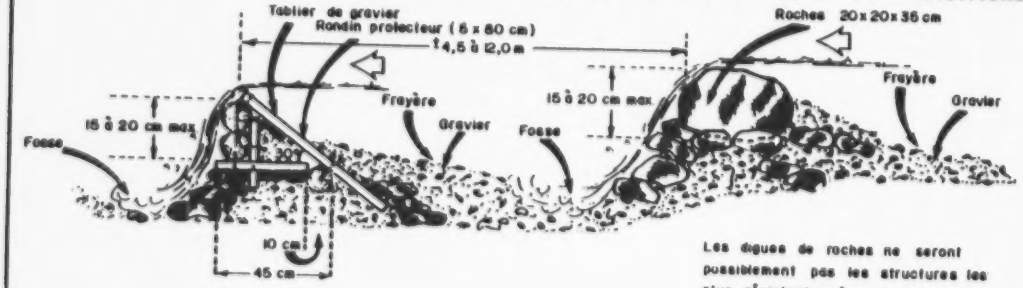
- Réaliser les interventions de préférence au cours de la période du début de juillet à la mi-août.

- Les techniques suggérées devraient être appliquées plus particulièrement dans des cours d'eau de 4,5 (15 pi) et moins de largeur.

CONSTRUCTION DE FRAYÈRES
PAR CREUSAGE DE FOSSES ET
ACCUMULATION DE GRAVIER À L'AIDE DE DIGUES
ET / OU DE SEUILS RAPPROCHÉS.
(COURS D'EAU DE 3 MÈTRES ET MOINS)

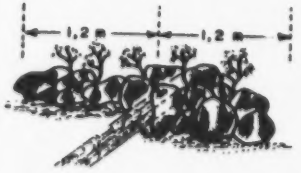


ALTERNANCE DE DIFFÉRENTS TYPES DE STRUCTURES OU ENCORE
UTILISATION DU MÊME TYPE DE SEUIL OU DE DIGUE SELON LES CONDITIONS DE MILIEU



Les seuils sont construits selon un angle d'au moins trente degrés pour faciliter la déposition de gravier en amont de ceux-ci. La technique ci-haut décrite peut également être utilisée pour stabiliser le lit d'une section de cours d'eau

Les digues de roches ne seront possiblement pas les structures les plus résistantes à moins d'un cours d'eau à débit constant. (certains cas d'exception)



Enrochement des extrémités de toutes les structures en rétrécissant le moins possible la section d'écoulement.

Les endroits pour construire les seuils ou les digues sont au début et à la fin d'un élargissement du cours d'eau dans lequel on veut déplacer et stabiliser du gravier.

Chaque seuil doit être construit d'une façon telle que le dessus de chaque seuil ou digue soit à peu près au niveau de la base du seuil précédent; voir la figure précédente.

A date, il semble que ce soit la meilleure façon de procéder pour appliquer une telle technique. Il faut éviter de diriger l'eau vers les berges.

On peut appliquer cette technique dans des cours d'eau plus importants en utilisant des structures très solides.

Cette technique est applicable dans des sections de cours d'eau pouvant avoir une pente allant jusqu'à 3%. Une pente variant de 0,5 à 1,5% présente les meilleures possibilités de succès.

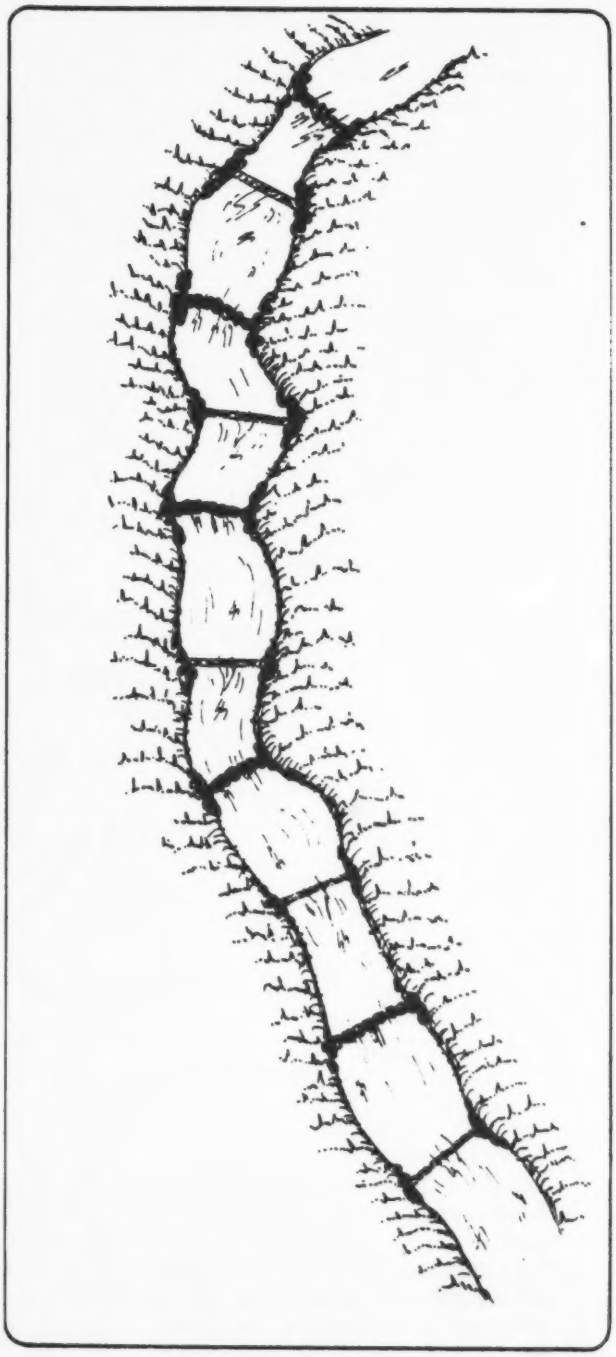


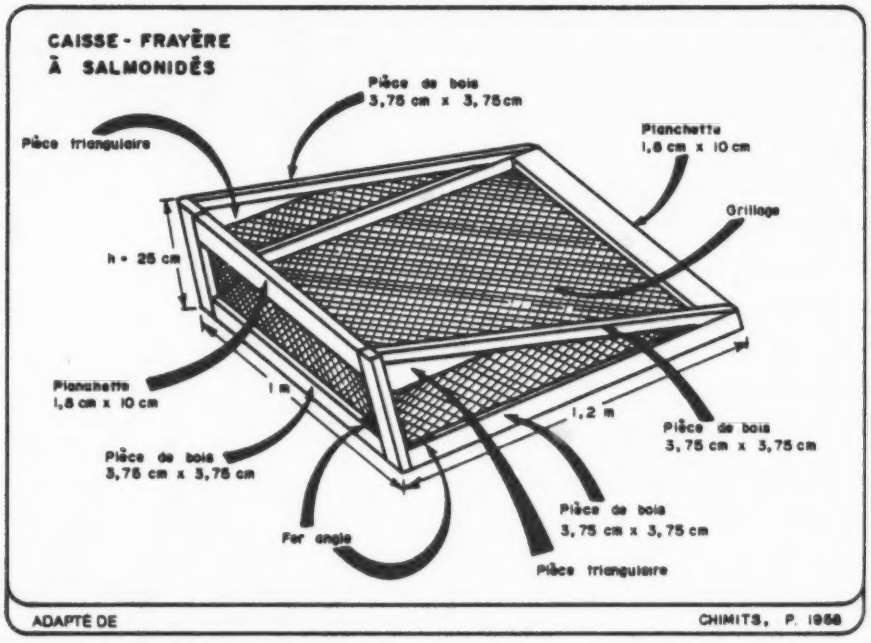
Schéma de localisation de seuils ou digues pour accumuler et stabiliser le gravier

B) Caisse-frayère à salmonidés

Dans des cours d'eau de deux (2) mètres et moins de largeur et dont les crues ne sont pas trop sévères, on peut tenter de placer une caisse-frayère dans une fosse à fond caillouteux ou dans un autre secteur où la profondeur est toujours de 38 cm et plus et où la vitesse du courant varie de 0,6 à 0,9 cm/sec durant la période de reproduction.

Les caisses étant toujours complètement sous l'eau, cela nous permet d'utiliser n'importe quelle sorte de bois de conifères pour les construire. Le bois de conifères toujours sous l'eau ne pourrit pas ou très peu.

Première façon de procéder: On dépose la caisse tel quel sur le lit ou dans une dépression nivelée de 5 cm de profondeur.

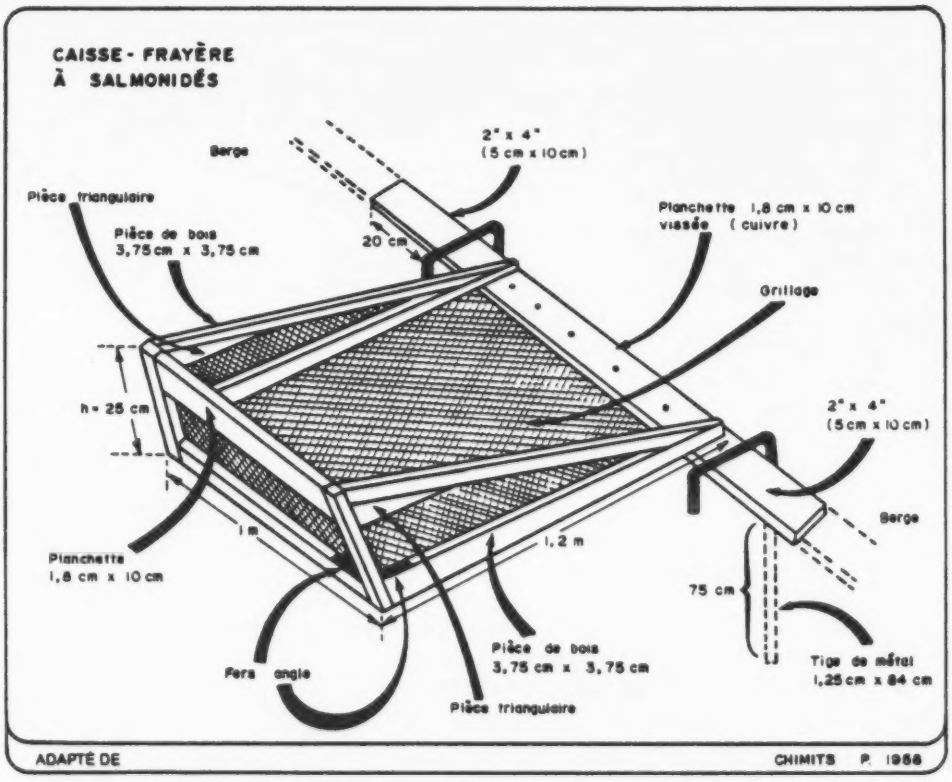


Le grillage est fait d'un métal non corrosif de mailles de 6 à 9 mm ou d'un grillage de polypropylène bien tendu et maintenu en place par de bons crampillons. Toutes les pièces de bois son maintenues par des vis de cuivre de 3,7 à 7,5 cm. Cette structure est placée dans le centre du cours d'eau avec la partie haute installée vers l'aval. Il est très important que les deux planchettes entrent toujours dans la construction de la caisse parce que celles-ci forcent la circulation de l'eau à travers le gravier. On remplit complètement la caisse de gravier de 9 à 50 mm (3/8 à 2 po) de diamètre.

Cette cage peut être entourée de grosses roches (partie frontale et côtés) ou encore si la nature du lit le permet, on enfonce un pieu de cèdre au centre de la partie frontale et de chaque côté pour y fixer la caisse.

Deuxième façon de procéder: Une ou deux caisses fixées à une pièce de bois.

Pour plus de solidité, on peut fixer la planchette amont de la caisse, à l'aide de vis de cuivre, à une pièce de bois couramment appelée 2" X 4" (5 cm X 10 cm), laquelle est enfoncée de 10 cm dans le lit. Si la nature du fond le permet, cette pièce sera maintenue en place de chaque côté de la caisse par une tige de métal, crochue par-dessus celle-ci. Si on ne peut enfoncer des tiges de métal, on utilisera une pièce de bois plus longue qui sera enfoncée d'au moins un mètre dans la berge.



Dans un cours d'eau de deux (2) mètres de largeur on pourra placer côte à côte deux (2) caisses légèrement plus étroites. Dans ce cas, il sera préférable d'enfoncer la pièce de bois de 2" X 4" (5 X 10 cm) de un mètre dans chaque berge, au niveau et à la profondeur appropriés. On retrouvera nécessairement une tige de métal de chaque côté de chacune des deux caisses, et crochue par-dessus la pièce de bois.

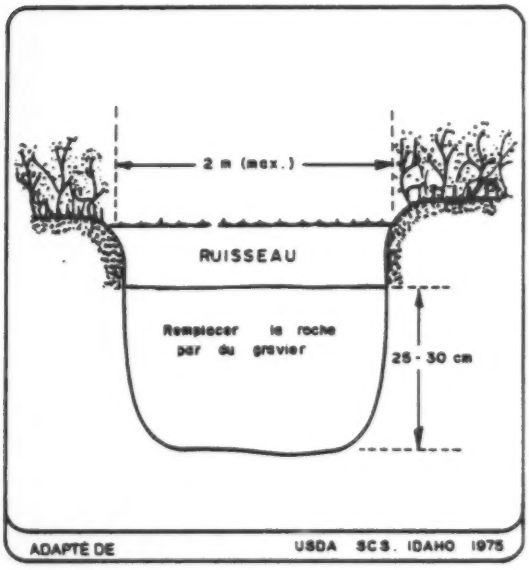
Ce type de frayère pourra certainement être utilisé par d'autres espèces que les salmonidés dépendant des conditions de milieu et des espèces présentes.

C) **Remplacement des gros cailloux ou des roches du lit par du gravier dans des petits cours d'eau à truite.**

Cette technique est réalisée en remplaçant les matériaux trop grossiers du lit d'une section de ruisseau qui ne facilitent ou ne permettent pas de reproduction naturelle mais où, par contre, les conditions de débit seraient convenables.

La création ou l'addition de nouvelles frayères dépendra des besoins de l'espèce concernée, en qualité et quantité de sites de reproduction.

La grandeur des sites créés ou restaurés dépendra du nombre et de la taille des poissons devant s'y reproduire ainsi que des espaces disponibles aux bons endroits (débit, profondeur, vitesse du courant, etc...).



Choisir comme site une section à écoulement uniforme, à l'opposé d'une section de fosses.

Choisir une section de pente maximale de 1,5% où la vitesse d'écoulement de l'eau variera de 0,6 à 0,9 m/sec. La profondeur minimale de l'eau devrait être de 10 cm durant la période de reproduction, d'incubation, d'éclosion des oeufs et d'alevinage.

À l'endroit choisi, creuser le lit sur une profondeur de 25 à 30 cm.

Placer les matériaux sortis du lit loin du cours d'eau, ou les utiliser à d'autres types d'amélioration.

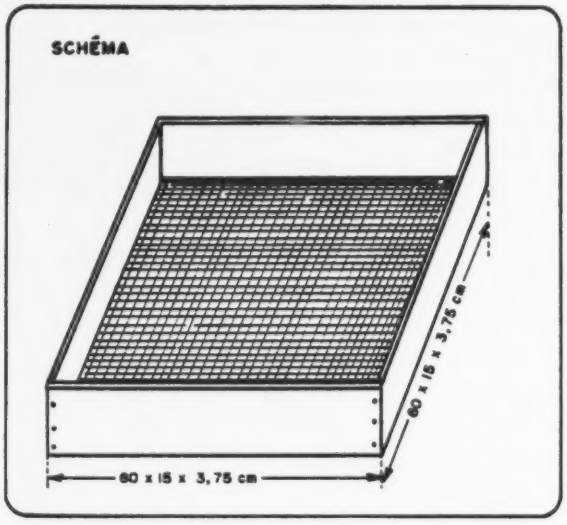
Remplir l'excavation avec du gravier de 6 à 50 mm (1/4 à 2 po) de diamètre.

Niveler la surface du gravier déposé de façon à provoquer une légère ondulation en surface de l'eau.

Si nécessaire, placer des abris à proximité de la frayère pour permettre aux poissons de se cacher.

D- *Caisse-frayère à achigan

Certaines expériences ont bien démontré que l'on peut facilement construire des frayères artificielles pour l'achigan à petite bouche, que l'on pourrait appeler caisse-frayère à achigan. Pour l'achigan à petite bouche proprement dit, cette technique sera applicable surtout dans des cours d'eau de 8 mètres et plus de largeur ainsi que dans des étangs et des lacs.



- Installer les caisses au printemps immmédiatement après le départ des glaces.

Bords: planches de cèdre, mélèze, sapin ou épinette maintenues par des vis de cuivre de 7,5 cm.

Fond: grillage métallique fort et non corrosif de maille de 6 mm ou un grillage de polypropylène fort et bien tendu.

Contenu: remplir de gravier de 6 à 50 mm (1/4 à 2 po) de diamètre.

En cours d'eau, ces caisses sont placées dans des endroits relativement calmes près de la berge, où il y a une profondeur constante de 60 à 90 cm d'eau et où il n'y a pas de danger de gel jusqu'au fond et de charriage par les crues et les glaces. Il serait préféfable d'enfoncer les caisses de 5 cm dans le lit. On pourrait les fixer à des pieux.

Ces caisses pourront possiblement servir de frayères à plusieurs autres espèces de poisson telles le crapet de roche, le mulet à cornes, la ouitouche, les truites, etc...

On pourra doubler la grandeur de ces caisses si on le juge à propos. Elles ne sont pas dispendieuses à construire. Si on tient à utiliser ces frayères dans un secteur qui devient pratiquement à sec en juillet, on pourra les retirer après usage par les poissons.

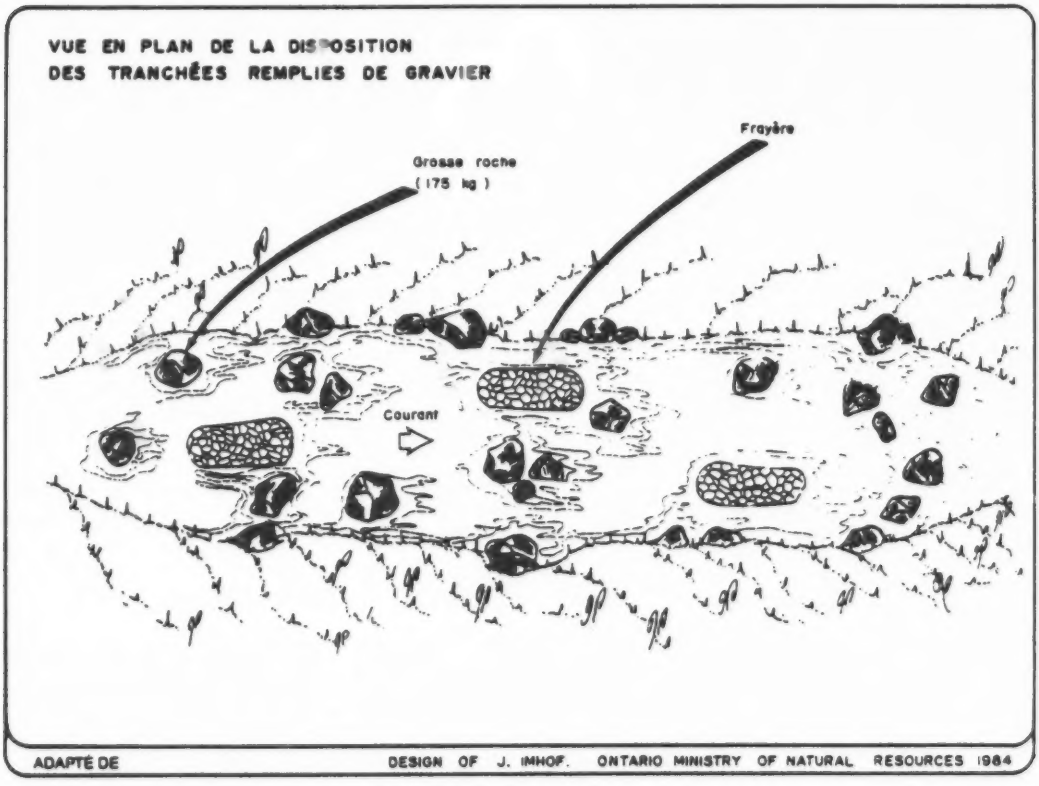
***: Expression empruntée à la littérature française sur les salmonidés.**

E- Implantation de "lits" de gravier dans un élargissement de cours d'eau

L'Ontario nous propose une technique quelque peu similaire à la troisième présentée précédemment. Il s'agit toutefois de creuser le lit d'un cours d'eau à plusieurs endroits dans la même section. Nous avons adapté cette technique plus particulièrement pour l'omble de fontaine (truite mouchetée).

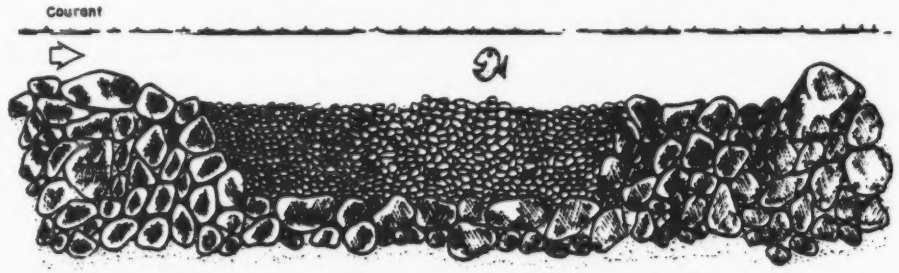
Un site typique pour cette intervention est un élargissement de cours d'eau à fond de gros cailloux ou de roches. Il doit y avoir un ralentissement du courant, une dissipation de l'énergie d'écoulement, une diminution des risques d'érosion du lit et un nettoyage fréquent des sédiments qui pourraient s'y déposer.

On creuse dans le lit, des tranchées de 2 à 2,5 mètres de longueur, de 60 cm de largeur et 20 à 30 cm de profondeur.



Les matériaux enlevés sont remplacés par du gravier rond de 6 à 50 mm (1/4 à 2 po) de diamètre. Le remplissage doit se faire au même niveau que le lit naturel environnant.

SECTION LONGITUDINALE D'UNE
TRANCHÉE REMPLIE DE GRAVIER



ADAPTÉ DE DESIGN OF J. IMHOF ONTARIO MINISTRY OF NATURAL RESOURCES 1984

Les tranchées sont faites étroites parce que, de cette façon, elles sont moins susceptibles d'être érodées par les crues et les glaces.

Lors de la période de reproduction, la vitesse du courant devrait être de 0,6 à 0,9 mètre/sec.

De grosses roches devront être placées si nécessaire aux environs de ces frayères pour servir d'abris; il ne faut pas placer de roches à la limite amont des frayères.

Cette technique pourrait être dispendieuse à réaliser si on a pas tous les matériaux nécessaires à proximité.

À l'origine cette technique a été conçue plus spécialement pour la truite arc-en-ciel et également pour la truite brune. Pour ces espèces, dans un même type de section de cours d'eau, il s'agit d'augmenter quelque peu les dimensions des tranchées et remplir avec du gravier plus gros soit de 6 à 80 mm (1/4 à 3 po).

F- Le nettoyage

Le nettoyage des cours d'eau est devenu depuis plusieurs années un moyen de rechercher ou de redécouvrir des frayères ayant été altérées ou éliminées par divers phénomènes naturels ou autres.

De nombreux petits cours d'eau à fort potentiel de reproduction "disparaissent" souvent sous des amoncellements de débris et de détritus de toutes sortes. Certains disparaissent parfois suite à une croissance désordonnée de la végétation riveraine (aulnes).

Souvent lorsque l'on soupçonne la présence de frayères dans un tel cours d'eau on applique la technique du nettoyage pour restaurer celles-ci.

Il est important, dans ces cas, que le nettoyage soit fait selon les règles suggérées dans ce document-ci et dans le "Guide Général pour le nettoyage des cours d'eau" cité dans la liste de documents consultés que l'on retrouve à la fin du document.

CONCLUSION

Nous avons présenté une synthèse de nombreuses techniques d'amélioration et de restauration de petits cours d'eau. Nous considérons que plusieurs de ces techniques pourraient être appliquées dans de plus gros cours d'eau en adaptant celles-ci en conséquence.

Il faut toujours tenir compte de nombreuses considérations avant d'entreprendre des travaux d'amélioration et/ou de restauration, et la consultation d'experts demeure indispensable à la réalisation des travaux projetés.

Nous conseillons à ceux qui voudraient approfondir leurs connaissances sur les sujets traités de consulter la littérature plus spécialisée citée en référence.

Certaines techniques d'amélioration (frayères) sont suggérées à titre expérimental parce que la littérature disponible sur ces sujets est très limitée.

LITTÉRATURE CONSULTÉE

BINNS, N.A. 1979. A habitat quality index for Wyoming trout streams. Fishery Research report, monograph series number 2, October 1979. Wyoming Game and Fish Departement Cheyenne, Wyoming 82002. 75 p.

CANDY, R. 1964. Some construction hints for stream improvement work. Vermont Fish and Game Department, I and E Division. Pamphlet non paginé, 4 pp.

CHIMITS, P. 1958. Frayères artificielles pour salmonidés. Bulletin Français de pisciculture. Trente et unième année. No. 190: 5-12.

COOPER, C.O and T.A. WESCHE. 1976. Stream channel modification to enhance trout habitat under low flow conditions, water resources research institute university of Wyoming Larami Wyoming. Water ressources serie No. 58, Completion report OWRT Project C-5238 (14-31-0001-4216). 107 pp.

CUMMINS, K.W. 1977. From Headwater Streams to Rivers. The American biology, May 1977. Pages 305-312.

DECKER, D.J. and J.W. KELLEY (nd). Enhancement of Wildlife Habitat on Private Lands. Produced by Media Services at Cornell University, Ithaca, N.Y. Cornell Cooperative Extension Publication, Information Bulletin 181, 40 pp.

EVEREST, F.H. and R.D. HARR. 1982. Silvicultural Treatments. Influence of Forest and Rangeland Management on Anadromous Fish Habitat in Western North America. U.S. Department of Agriculture. Forest Service Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station. General Technical Report PNW-134, January 1982. Fascicule 6, 19 pp.

FOX, C.K. 1978. A Man-Made spawning Area. Fly Fisherman, Vol. 9, No. 3, pp. 58-60.

FUNK, J.L. 1973. Characteristics of channels for warmwater fisheries. In Wildlife and Water Management: striking a balance. Soil Conservation Society of America pp. 1-7.

HALL, J.D. and D.O. BAKER. 1982. Rehalilitating and Enhancing Stream Habitat: 1, Review and Evaluation. Influence of Forest and Rangeland Management on Anadromous Fish Habitat in Western North America. U.S. Department of Agriculture Forest Service. Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station. General Technical Report PNW-138. June 1982. Fascicule 12, 29 pages.

HOLMAN, G. and W.A. EVANS 1964. Stream Clearance Project-Completion Report Noyo River, Mendocino County. The Ressources Agency of California, Department of Fish and Game. Inland Fisheries Administrative Report No. 64-10, Dingell-Johnson Project, California F-4-D.

HOOTON, R.S. and D.S. REID. 1975. Impact of Stream Channelization On Fish and Wildlife. Habitat Protection Section, Fish and Wildlife Branch, Department of Recreation and Conservation, Victoria, BC 15 pp.

JACKSON, B.J. 1974. Stream Bed Stabilization In Enfield Creck, New York. New York Fish and Game Journal, Vol. 21, No. 1, January 1974, pp. 34-46.

LEGENDRE, V. 1981. Frai, Fraie, Fraye: Un vocabulaire. Association des Biologistes du Québec, Bio... Vol 1, Numéro 1, pp. 19-23.

MCCALL, J.D. and E. BLOOM. 1983. Ten Years of Environmentally Planned Channel Modifications. American Society of Agricultural Engineers, St-Joseph, Michigan 49085. Paper No. 83-2117, 15 pages.

MILLER, J.G. and R. Tiblott. 1983. Fish habitat improvement for streams. Pennsylvania Fish Commission. 21 pp.

ONTARIO MINISTRY OF NATURAL RESOURCES. 1984. Community Fisheries Involvement Program, Field Manual, Part 1: Trout Stream Rehabilitation. 273 pages.

PAQUET, G. 1982a. Comment restaurer un petit cours d'eau altéré par une coupe forestière. Qué, (Prov.) Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction générale de la faune, Québec, 12 p. SP 429.

PAQUET, G. 1982b. Guide d'amélioration, de construction et de restauration d'abris pour les poissons dans les petits cours d'eau. Qué, (Prov.) Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction générale de la faune, Québec, 69 p. SP 407.

PAQUET, G. 1983a. Techniques de construction de seuils pour des petits cours d'eau. Qué. (Prov.) Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche. Direction générale de la faune, Québec, 44 pages. SP 613.

PAQUET, G. 1983b. Guide général pour le nettoyage des cours d'eau. Qué. (Prov.) Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche. Direction générale de la faune. Québec, 36 pages. SP 791.

PFANKUCH, D.J. 1975. Stream reach inventory and channel stability evaluation. A watershed management procedure. U.S. Department of Agriculture, Forest Service/Northern Region R1-75-002, 26 pp.

QUÉBEC, 1982. Guide d'aménagement du milieu forestier. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec (en préparation).

REEVES, G.H. and T.D. ROELOFS. 1982. Rehabilitating and Enhancing Stream Habitat: 2. Field Applications. Influence of Forest and Rangeland management on Anadromous Fish Habitat in Western North America. U.S. Department of Agriculture Forest Service. Pacific Northwest Experiment Station. General Technical Report PNW-140. June 1982. Fascicule 13, 38 pp.

ROBINSON, D.W. 1961. Utilization of spawning box by bass. The Progressive Fish-Culturist 23(3): 119.

SAREMBA, J. and J.M. MATTISON. 1984. Environmental Objectives and Procedures for Water Crossings. Province of British Columbia, Ministry of Environment MOE Technical Report 6, 85 pp.

SCHIECHTL, H. 1980. Bioengineering for land reclamation and conservation. English-language translation co-ordinated by N.K. Horstmann. Sponsored by the Department of the Environment, Government of the Province of Alberta. The University of Alberta Press 1980 (volume).

SCHNEIDER, C.P. 1971. Scuba observations of spawning smallmouth bass. New York Fish and Game Journal, Vol. 18, No. 2, pp. 112-116.

SHEETER, G.R. and E.W. CLAIRE. 1981. Use of Juniper Trees to Stabilize Eroding Streambanks on the South Fork John Day River. U.S. Department of the Interior, BLM. Oregon State Office, T/N: OR-1 4 pp.

SHERIDAN, W.L., M.E. Nuss, F.T. COGHLAN, A. TAYLOR, R.H. ARMSTRONG, R.D. REED and A.W. PEKOVICH. 1976. Logging and Fish habitat. U.S.D.A. Forest Service, Alaska Department of Fish and Game, Alaska Department of Natural Resources Pamphlet. 21 pp.

SMITH, A.K. 1973. Development and Application of Spawning Velocity and Depth Criteria for Oregon Salmonids. Trans. Amer. Fish. Soc. Vol. 102, No. 2, pp. 312-316.

SQUIRES, J.A. 1971. Dumped Rock Rip-Rap. U.S.D.A. Soil Conservation Service, Michigan. Pamphlet non paginé, 2 pp.

STATE OF COLORADO. 1975. High Velocity Stream Reconstruction Detail Sheet. Department of Natural Resources, Division of Wildlife, Denver, Colorado. Federal Road Region No. VIII, Colorado. Project No. I 70-2 (55) 202. Sheet No. 12.

TRENCIA, G. et R. BOSSÉ. 1981. Plan d'aménagement de la décharge du lac aux Cèdres pour l'omble de fontaine, Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction régionale de Québec, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune. Rapport dactylographié. 9 pp.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1969. Wildlife habitat improvement handbook. Forest Service Handbook, Washington, August 1969. U.S. Government Printing Office: 1969. 0-354-644.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, SOIL CONSERVATION SERVICE. 1970. Streambank Protection. Wash- 7-L-14000-230. State of Washington. 2 pp.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, SOIL CONSERVATION SERVICE. 1975. Management of trout streams in Idaho. ID 7-N-19000-58. Boise, Idaho. 4 pp.

U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, SOIL CONSERVATION SERVICE. 1977. Desigh of Open Channels, Technical Release No. 25, Engineering Division, Washington, D.C. 20250, 7 chapitres.

U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, SOIL CONSERVATION SERVICE, ALASKA. 1978. Streambank Protection (Ft). Technical Guide, Section IV, Practice Code Number: 580. 3 pp.

U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, FOREST SERVICE. 1982. Stream Habitat Improvement Handbook. 3 rd Rough Draft. Meseehorn: Jv 0986A. Southern Regional Office, Atlanta Georgia. 40 pp.

U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. 1979. Restoration of Fish Habitat in Relocated Streams. December 1979, FHW-IP-79-3. 63 pp.

WHITE, R.J. and O.M. BRYNILDSON. 1967. Guidelines for management of trout stream habitat in Wisconsin. Department of Natural Resources Division of Conservation Madison, Wisconsin 53 701. Technical bulletin no 39. 65 pp.